انجراف التربة في حوض وادي الحسا الأوسط/ الطفيلة

علي الشباطات * وموسى قوقزة**

ملخص

هذه الدراسة هي محاولة لدراسة أهم العوامل المؤثرة على انجراف التربة الناجمة عن الأمطار، والجريان السطحي، في حوض وادي الحسا الأوسط (سد التنور) لعام 2008، وعام 2009، ولإنجاز هذا الهدف تم إنجاز سبعة مواقع لقياس كمية انجراف التربة، وأخذ عينات من تلك المواقع للتربة من أجل تحليلها فيزيائيا، وكيميائيا، لتحديد أهم العوامل التي تؤثر في انجراف التربة، في هذه المناطق الجافة وشبه الجافة.

ووفقا للقياسات الميدانية لكميات تناثر التربة، وكميات التربة المنقولة بواسطة الجريان السطحي، تبيّن أن كمية التربة المتناثرة بالتطاير بلغت 0.53 طنا / دونم/ سنة، وهي أقل من كمية التربة المنقولة بواسطة المياه السطحية والتي بلغت 0.628طنا / دونم/ سنة، وتعزى أسباب ذلك؛ لارتفاع معدلات درجات الانحدار، وهشاشة التربة، وكثرة الانزلاقات الأرضية، كما اظهر التحليل الإحصائي (Factor Analysis) أن المتغيرات التي ارتبطت بانجراف التربة كعامل مستقل هي أربعة متغيرات: كيميائية التربة، واللدونة، والعامل المورفولوجي، وعامل نسيج التربة.

الكلمات الدالة: انجراف التربة، تناثر التربة، انجراف التربة السطحي، فنجان التطاير، التحليل العاملي.

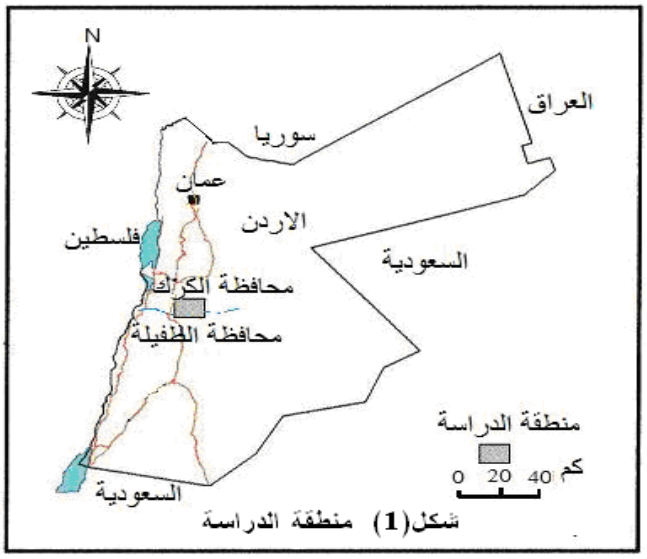
المقدمة

يقع حوض وادي الحسا الأوسط في الجهة الجنوبية الغربية للمملكة الأردنية الهاشمية، ما بين محافظتي الكرك والطفيلة شكل (1)، وهو بهذا الموقع ينحصر فلكياً ما بين درجتي عرض 54" 42َ 30°، و26" 1 31° شمالاً، وخطي طول 37 " 35 33°، و29 " 53 35 ° شرقا، وهو بهذا الموقع الفلكي يقع ضمن منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط الجافة، التي لا تزيد معدلات أمطارها عن 250 ملم/ السنة، وفقا لقياس كمية الأمطار في محطة الطفيلة، التي تقع على الطرف الجنوبي لمنطقة الدراسة، وترتفع نحو1255 م عن مستوى سطح البحر[1].

© جميع الحقوق محفوظة لجمعية كليات الآداب في الجامعات الأعضاء في اتحاد الجامعات العربية 2013.

* قسم العلوم الإنسانية والاجتماعية، جامعة الطفيلة التقنية، الطفيلة، الأردن.

** قسم هندسة الموارد الطبيعية والكيميائية، جامعة الطفيلة التقنية، الطفيلة، الأردن.



شكل(1) منطقة الدراسة

وبما أن الأردن بشكل عام، ومنطقة الدراسة بشكل خاص تقع ضمن مناطق حوض البحر المتوسط الجافة وشبه الجافة، فإنها تعاني بشكل واضح من تدهور التربة، كما أكدت جميع الدراسات التي أجريت على بقاع مختلفة من الأراضي الأردنية، وبما أن التربة تعد من أهم العناصر المؤثرة في ديمومة الحياة الزراعية والرعوية، فإن تدهورها الكمي والنوعي يعد من أكثر المشكلات البيئية التي تحتاج إلى تقييم مستمر من أجل التنمية المستدامة، ليس فقط على مستوى الأردن، بل على مستوى العالم أجمع.

وقد أكد لافلن وروز (Laflen and Roose) على أن تدهور التربة بواسطة الانجراف المائي من أكثر المشكلات البيئية التي تهدد نوعية التربة، ومصادر المياه المتاحة، والأراضي الزراعية في مختلف الوحدات الجيومورفولوجية والأقاليم المناخية المختلفة، وهذه العوامل الثلاثة (التربة، والماء، والأرض) تشكل المثلث الذي تعتمد عليه الحياة البشرية في استمرارها في العيش[2]. فانجراف التربة هو العنصر الأكثر أهمية الذي يربط أضلاع مثلث الحياة بعضها ببعض، فانجراف التربة يتأثر بكميات الهطول، وتذبذبها، ومدتها، وشدتها، وتوزيعها، كما يؤثر انجراف التربة على خصائص الطبقة السطحية من التربة مثل: قوامها، ونسيجها، وسماكتها، وخصوبتها، وعلى عمليات الحصاد المائي، وسعة السدود التخزينية من خلال الناتج الرسوبي.

فانجراف التربة بواسطة المياه كما عرفتّه الكثير من الأدبيات "يعني انفصال جزيئات التربة عن كتلة التربة بواسطة قطرات المطر، ونقلها بواسطة الجريان السطحي والبيني من فوق المنحدرات القصيرة، وترسيبها في مكان آخر[3]، إما من خلال التعرية الغطائية (Sheet

(erosion، أو من خلال التعرية الخطية: الجدولة والمسيلات المائية (Rill And Gully erosion)، أو من كليهما معا، والانجراف الصفيحي"[4].

لذلك، يعد انجراف التربة من أهم العمليات الديناميكية التي تؤثر على سماكة التربة وخصوبتها، وفي هذا البحث سيتم التركيز على انجراف التربة، ونقلها، وترسيبها بواسطة الأمطارمن خلال تقسيم هذا البحث الى جزئين: الجزء الأول يتناول انفصال جزيئات التربة عن كتلها وتطايرها بواسطة قطرات المطر، والجزء الثاني سيتناول نقل جزيئات التربة التي انفصلت وتناثرت بواسطة القنوات المائية التي تنقل الى أماكن الترسيب، وتحديد أهم العوامل التي تؤثر على كميات الانجراف من خلال استخدام مجموعة من المتغيرات وتحليلها إحصائيا، ومن ثم استخلاص النتائج التي قد تنجم عن هذه العمليات، وأثرها على استعمالات الأراضي الزراعية، والمناطق الرعوية، ومقدار كمية التربة التي ترسبت في سد التنور، وهل هذه الكمية هي ضمن الكمية التي كانت متوقعة عند بناء السد أم لا؟

أهمية الدراسة ومبرراتها

إن تدهور التربة الذي تسببه عمليات الانجراف في الأردن، وما ينجم عنها من إرسابات في القنوات المائية والسدود التخزينية يكلف خزينة المملكة الأردنية الهاشمية، آلآف الدنانير[5]* التي تنفق على استصلاح الأراضي الزراعية وزيادة خصوبتها، وإعادة اصلاح البنية التحتية الناجمة عن عمليات إنجراف التربة من جهة، وزيادة كمية الأسمدة الكيماوية، والمبيدات الحشرية التي تستعمل في عمليات التسميد والرش ونقلها مع التربة وترسيبها في المياه المخزنة في السدود الأردنية، ومنها سد التنور.

كما أن عدم وجود دراسات ميدانية لقياس معدلات انجراف التربة في منطقة الدراسة، سواء كانت هذه الانجرافات صفائحية أو قنوية، أو حتى انجرافات بالتناثر، باستثناء الدراسة الهندسية الوحيدة التي قامت بها وزارة المياه والري وسلطة وادي الأردن بالتعاون مع شركة Howard Humphreys & Partners Ltd And Consulting Engineering Center لتصميم وإنشاء سد التنور، أعطت مبرراً اخراً لهذه الدراسة.

لذلك، تهدف هذه الدراسة الى تقييم كمي لمعدلات انجراف التربة السنوي في حوض وادي الحسا الأوسط، وتحديد أهم العوامل التي تؤثر في كمية انجراف التربة، كما تهدف هذه الدراسة إلى تقييم قابلية التربة على الانجراف بمختلف اشكاله، سواء أكان الانجراف صفيحياً أم قنوياً،

*) لقد قدّر Stocking (1988 a) بان تعرض هكتار واحد من التربة للانجراف يكلف ما بين 20-50 $ في السنة بسبب فقدان التربة السطحية للفسفور، والكربون العضوي والنيتروجين.

وتحديد درجات هذا الانجراف (شديد، متوسط، خفيف)، وبالتالي تحديد كمية الإرسابات وحجمها التي تنقل الى سد التنور وتؤثر على سعته التخزينة التي لا تزيد عن 17 مليون متر مكعب شكل (2)، كما تهدف هذه الدراسة إلى تفعيل اساليب الدراسات التطبيقية في إدارة الأحواض التصريفية للأنهار التي تغذي السدود المائية من خلال الاستخدام العقلاني للوحدات الجيومورفولوجية، وتعميم هذا النموذج على مناطق مشابهة في الأردن، وفتح الآفاق أمام الباحثين لدراسة مناطق جنوب الأردن التي تفتقر الى الدراسات التطبيقية على المشاريع الإنمائية.

شكل(2) سد التنور في حوض وادي الحسا الاوسط

الدراسات السابقة

تناولت العديد من الدراسات الأجنبية والأقليمية والمحلية انجراف التربة بمنهجيات مختلفة، سواء ما كان يتعلق منها بالموضوع أو بالمنهج، فمنها ما اعتمد على التحليل الوصفي من خلال تحديد أهم العوامل التي تؤثر على انجراف التربة، والبعض الآخر ركز على التحليل الكمي لهذه المشكلة باستخدام البرمجيات الحاسوبية، والاستشعار عن بعد remote sensing. ومن أهم الدراسات التي ظهرت في هذا الموضوع دراسة سلطة المصادر الطبيعية حول العاصفة المطرية التي اجتاحت الأردن عام 1964/1963، وتسببت بانجراف شديد للتربة والحجارة كانت كفيلة بملء قناة الملك عبدالله (قناة الغور الشرقية)، مما أدى إلى إنفاق نحو 4.5 مليون دولار امريكي لتنظيفها، واستمر الجهد في هذا العمل لمدة ثلاثة أشهر[6]، أما ماكدونالد McDonald، فقدّر أن كمية التربة التي تفقدها الضفة الشرقية من الأردن تقدر بنحو 1.4سم من تربتها السطحية، أي ما يعادل 1.33 مليون طن في السنة[7]، وأجرى صالح (1971) دراسة على منطقة الأغوار الوسطى والشمالية (ما بين نهر اليرموك شمالاً والبحر الميت جنوباً)، واستنتج من تلك الدراسة أن معدل الانجراف بفعل الجريان يقدر بنحو4.45 طنا/هكتار/السنة في الشمال، ويتناقص هذا

المقدار كلما اتجهنا الى الجنوب ليصل الى نحو 3.58 طنا/هكتار/السنة[8]، كما أكدت الدراسة التي أجراها العنانزة (1986)، على الناتج الرسوبي لحوض وادي كفرنجة أن معدل الانجراف في حوض وادي كفرنجة يقدر بنحو 415.1 طنا/كم^2 /السنة، وكمية الناتج الرسوبي لهذا الحوض تتراوح ما بين 5.7-5.88 طنا/كم^2/ السنة[9]، كما تناولت دراسة الدباس (1994) لبعض مناطق السلط بعض التقنيات المستخدمة في تجميع التربة المتناثرة والأسلوب الكمي لتحديد أهم العوامل التي تؤثر على انجراف التربة، وقد خلصت دراسته إلى أن انجراف التربة في منطقة دراسته بلغت نحو 4.28 طنا/هكتار/السنة[10]، كما أكدت الدراسة التي أجراها الحمدان (1996) على بيئة جافة تشبه بيئة الدراسة، وهي بيئة منطقة الأزرق في الشمال الشرقي من الأردن على أن كمية الانجراف بنوعية: التناثري والقنوي يقدر بنحو 4.8 طنا/ هكتار/ السنة، كما اثبت في دراسته أن كمية الانجراف بفعل قطرات المطر تتفوق على مثيلتها بفعل الجريان السطحي، اذ بلغت كمية الانجراف بغعل قطرات المطر نحو 4.7 طن/ هكتار/ السنة، في حين لم تزد هذه الكمية عن 0.14 طنا/ هكتار/ السنة للجريان السطحي[11].

ومن الدراسات التي تناولت المنهجيات في دراسات انجراف التربة وأهم العوامل التي تؤثر فيها دراسة الفرحان (1985) التي تناولت استعمال التحليل الجيومورفولوجي باستخدام الصور الجوية في تحديد العوامل المؤثرة على انجراف التربة[12]، هذا بالإضافة إلى منهج التحليل الكمي الذي استخدمه تانسي (2001) في دراسة تدهور رطوبة التربة لأراضي البادية الشمالية، وأهمية خشونة السطح وتأثيره على كمية رطوبة التربة في الأراضي الجافة، باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد مابين عامي 1995-1997[13]، هذا بالإضافة إلى الدراسات التي قدمها **لي** وآخرون Lai et.al.(1997) حول بعض منهجيات تقييم تدهور التربة[14]، كما أكدت دراسة الخرابشة (2004) على أن كمية الأمطار، وإدارة التربة السطحية لها تاثير مباشرعلى الموازنة المائية وانجراف التربة في المناطق الجافة[15].

جميع الدراسات التي تناولت انجراف التربة في الأردن ركزت على المناطق الشمالية والوسطى من الأردن، في حين لم تحظ مناطق الجنوب بدراسات متخصصة في هذا المجال.

فمن خلال هذا المسح الشامل للدراسات السابقة نجد أنها؛ إما ان تكون ركزت على مناطق تختلف في خصائصها الجيولوجية والطبوغرافية والمناخية عن منطقة الدراسة، أو هي دراسات عامة كمشروع مسح التربة في الأردن عام 1993، أما الدراسات التي تناولت وادي الحسا فهي المسح الشامل لحوض وادي الحسا الذي قام بها وليموت Willimott et al. (1963)، وميّز من خلال دراسته تسعة أنماط أرضية، معتمداً على خصائص السطح المورفولوجية وخصائص التربة

والنبات الطبيعي[16]، والدراسة التي قامت بها قطيش (2007)، التي تناولت التقييم الجيومورفولوجي في حوض وادي الحسا من خلال تقسيم حوض وادي الحسا الى وحدات جيومورفولوجية، وحددت من خلال هذه الدراسة أهم العوامل التي تؤثر على تصنيف الأراضي[17]، كما قامت وزارة المياه والري بالتعاون مع شركة هاورد هومفريز بدراسة هندسية لتصميم وانشاء سد التنور[18].

لذلك، جاءت هذه الدراسة لتحدّد كمية معدلات انجراف التربة في الحوض الأوسط لوادي الحسا من خلال تحديد أهم العوامل الفيزيائية، والكيميائية، والمورفولوجية، والانحدار، وكمية المطر وشدته، ونسيج التربة، ومعدلات اللدونة، والتركيب الجيولوجي، التي تؤثر على كمية انجراف التربة من خلال استخدام برمجية التحليل العاملي، لتحديد مدى ارتباط كل متغير من المتغيرات ضمن المجموعة التي تؤثر على انجراف التربة في حوض وادي الحسا الأوسط.

منهجية الدراسة

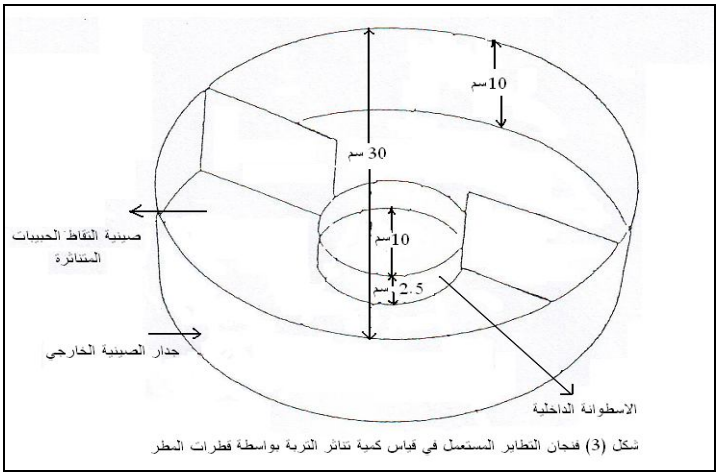
انتهج الباحثان في إعداد هذه الدراسة عدة مراحل لجمع المعلومات وتبويبها وتحليلها واستخلاص النتائج الميدانية والمخبرية من خلال: تحليل الصور الجوية الملتقطة لمنطقة الدراسة عام 2000م بمقياس 25000/1، وصور الأقمار الصناعية لعام 2009، من أجل تحديد أهم الوحدات الأرضية الكبرى التي تشكلت منها منطقة الدراسة، بالإضافة إلى تحديد الغطاء النباتي، كما تم تحليل الخرائط الطبوغرافية لحوض وادي الحسا الأوسط من مقياس 1/ 25000، وتحليل الخرائط الجيولوجية لمنطقتي العينا والطفيلة 50000/1[*]، كما قام الباحثان بالرجوع للدراسات السابقة التي تناولت انجراف التربة، سواء تلك التي تتعلق في المنهجية، أو التي تتعلق في الموضوع.

اشتملت مرحلة العمل الميداني على عدة اجراءات عملية وتقنية منها: التأكد من نتائج تحليل الصور الجوية، ومقارنة نتائج التحليل الأولي مع الواقع الميداني، وفي المرحلة الثانية تم جمع عينات من التربة من سبعة مواقع موزعة على مختلف الوحدات الجيومورفولوجية الكبرى، لقياس كمية رطوبة التربة وخصائصها الفيزيائية والكيميائية، باستخدام حفار يدوي (uger "2)،

*) الخرائط المستعملة في هذه الدراسة هي: 1) خريطة العينا والطفيلة الطبوغرافية مقياس 25000/1 والمنتجة في المركز الجغرافي الملكي الأردني عام 1997، وخريطة العينا الجيولوجية 5000/1 المنتجة من قبل سلطة المصادر الطبيعية عام 1994، وخريطة الطفيلة 50000/1 الجيولوجية المنتجة عام 1986.

وبعد ان أزيلت 5 سم من التربة السطحية تم أخذ العينات ووضعها ضمن عبوات بلاستيكية محكمة لتحليلها كيميائيا وفيزيائيا♦.

واستخدم الباحثان منهجية مورغان Morgan لقياس كمية تناثر التربة بواسطة قطرات المطر Rain Splash التي تتكون من صينية مستديرة بقطر 30 سم، وارتفاع 10 سم (شكل 3) من أجل قياس التربة المتناثرة بواسطة قطرات المطر والمتجمعة في صينية التناثر[19]، حيث وزع عشر أدوات منها في بداية الموسم المطري الأول للدراسة، والذي ابتدأ بتاريخ 2008/9/30 بالمواقع نفسها التي حددت سابقاً وأخذت منها عينات التربة.



شكل (3) فنجان النطاير المستعمل في قياس كمية تناثر التربة بواسطة قطرات المطر

المصدر: Morgan, R.P.C. 1979, p18

وبعد ذلك تم جمع عينات التربة التي تتجمع في هذه المصائد بعد كل عاصفة مطرية وتم تجفيفها على درجة حرارة 40م^5، ووزنت بعد التجفيف وسجل هذا الوزن على جدول خصص لهذه الغاية، ومن أجل قياس كمية انجراف التربة بواسطة القنوات المائية تم استعمال صندوق تجميع التربة المستعمل من قبل معهد الهندسة الزراعية، وبالمنهجية نفسها تم قياس معدلات انجراف التربة التي تنتج عن الانجرافات القنوية وبخاصة في المناطق التي يزيد انحدارها عن 5^5، ومقارنة نتائج كل طريقة من هذه الطرائق من أجل تحديد كمية التربة التي تتعرض للانجراف خلال المواسم المطرية المختلفة.

وبعد أن تم تجميع قياسات التربة لمدة عامين (2008، و2009)، أدخل 25 متغيرا في الحاسب الآلي لمعرفة أكثر العوامل التي أسهمت في عمليات انجراف التربة جدول (1).

♦) تم تحليل عينات التربة ضمن مختبرات سلطة المصادر الطبيعية.

جدول (1): المتغيرات المستخدمة في تحديد العوامل المؤثرة على انجراف التربة في وادي الحسا الأوسط

المتغيرات	المواقع						
	1	2	3	4	5	6	7
معدل انجراف التربة/09/08(y)	0.36	0.5	0.36	0.47	0.54	0.66	0.86
معدل الأمطار09/08 ملم(x1)	189.7	189.7	189.7	189.7	189.7	189.7	189.7
معدل شدة المطر ملم/س x2	3.57	3.57	3.57	3.57	3.57	3.57	3.57
نسبة الحصى% x3	14	7	0	9	20	11	12
نسبة الرمل%x4	7	10	15	13	30	4	80
نسبة السلت% x5	43	41	74	78	32	39	9
نسبة الطين% x6	35	42	10	30	20	47	9
لدونة التربة x7	39.7	50.1	0	34.6	27.3	50.5	41.9
السيولة x8	16	17	0	18	19	18	19
معامل اللدونة x9	20.3	38.4	0	16.6	11.4	32.9	22.2
الانحدار x10	2	2	3	3	4	4	3
الجيولوجيا x11	4	3	3	2	2	1	1
الغطاء النباتيx12	1	6	5	2	5	4	1
شكل السفح x13	1	1	2	2	1	3	1
x14 Fe_2O_3	3.7	1.6	4.5	1.3	3.5	3.4	3.3
x15 MnO	0.63	0.24	0.43	0.18	0.71	0.01	0.56
x16 Ti_2O	0.45	0.21	0.51	0.71	0.83	0.42	0.57
x17 CaO	27.1	36	13.9	31.4	16.2	16.8	23
x18 K_2O	1.22	0.41	1.8	0.26	0.99	1.15	0.99
x19 P_2O_5	0.24	0.29	0.17	1.07	0.29	0.8	0.68
x20 SO_2	25.7	24.9	29.9	34.7	51.8	23	35
x21 AL_2O_3	7.3	2.7	10.8	1.6	6.5	9.5	6.3
x22 MgO	3.3	1.5	3.9	2.3	1.6	0.8	3.1
x23 Na_2O	0.15	0.11	0.44	0.19	0.44	0.38	0.63
x24 $CaCO_3$	0.56	0.1	11.5	0.24	0.8	23	0.1
رطوبة التربة x25	9.2	4.9	7.5	8.9	8.1	11.2	12.5

وأخيراً تم رسم مجموعة من الخرائط باستخدام نظام المعلومات الجغرافي (G.I.S)، لتوضح أهم الوحدات الجيومورفولوجية التي تأثرت في عملية انجراف التربة، وأكثرها قابلية لعملية الانجراف.

صعوبات الدراسة

واجهت هذه الدراسة عدة صعوبات كان من أهمها الآتي:

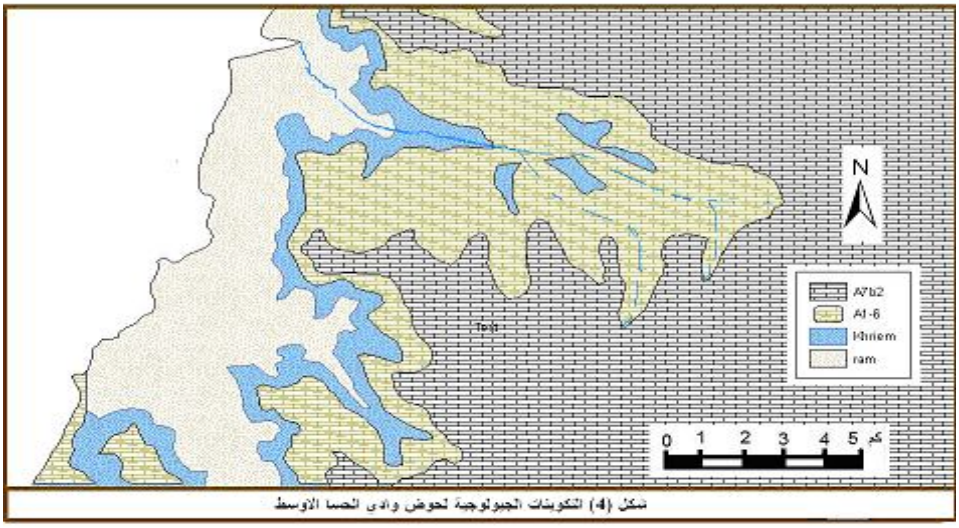
1) عدم شمول تربة حوض وادي الحسا الأوسط في مشروع مسح التربة الأردني الذي قامت به وزارة الزراعة الأردنية عام 1993.
2) العبث بأجهزة القياس وضياع بعضها.
3) عدم وجود محطات لقياس التصريف المائي لحوض وادي الحسا وحمولته الرسوبية.
4) عدم وجود محطات ارصاد جوية متكاملة في منطقة الدرسة باستثناء محطة الطفيلة للارصاد الجوية.

جيولوجية وجيومورفولوجية منطقة الدراسة

يعد صدع وادي الحسا برميته الشمالية الغربية، وسلسلة الصدوع الجانبية التي تتفرع منه وتتعامد مع رميته الرئيسية المعالم الرئيسية للبنية الجيولوجية لحوض وادي الحسا الأوسط، واستطاع هذا الوادي من خلال عمليات الحت الرأسي أن يكشف عن التركيب الجيولوجي للتكوينات الصخرية التي تشكل الطبقات الستراتوغرافية للبنية الجيولوجية لمنطقة الدراسة، وبالرغم من الارسابات الحديثة التي تمثلت بسلسلة من المصاطب الإرسابية على جانبي الوادي، والطفوح البازلتية، والانزلاقات الأرضية، الا ان الانكشافات الصخرية تمثلت من خلال: صخور رمل أم عشرين التي تكشفت في الجهة الغربية لحوض وادي الغوير الأوسط شكل (4)، والتي أطلق عليها بندر - كتل الحجر الرملي البني المجوّى التي تعود إلى حقبة أواسط الكامبري المتأخر؟-[20]، وتموضعت فوقها بعدم توافق زاوي مجموعة حجر رمل الخريم*[21]، التي تظهر على شكل نطاق متعرج مع بعض الانكشافات لهذه المجموعة في الجزء الأوسط من منطقة الدراسة، وتموضعت على سطحها التكوينات الكريتاسية الجيرية التي يطلق عليها تكوينات

* هي مجموعة الحجر الرملي الحاملة للمياه في الأردن، التي تعود إلى الاوردوفيشي الأسفل والأوسط، وأول من أطلق عليها هذا الاسم هو لويد Lloyd,1968 (عابد، 1982، ص31). ولمزيد من المعلومات انظر Lloyd J.W. , 1969, The Hydrology of the Southern ,Desert of Jordan UNDP-FAO212.Ivestigations of the Sandstones Aquifers of East Jordan, Tech. Rep. No.1.

ناعورمن عمر السنومانيان، وتكوينات الحمّر والفحيص وشعيب (A1-6)، واخيراً تكوينات الكريتاسي الأعلى التي تتكون من تكوينات وادي السير، ووادي أم غدران، والوحدة الجيرية الفوسفاتية (تكوين عمان)* التي تغطي الجزء العلوي من الحوض الأوسط لوادي الحسا[22].

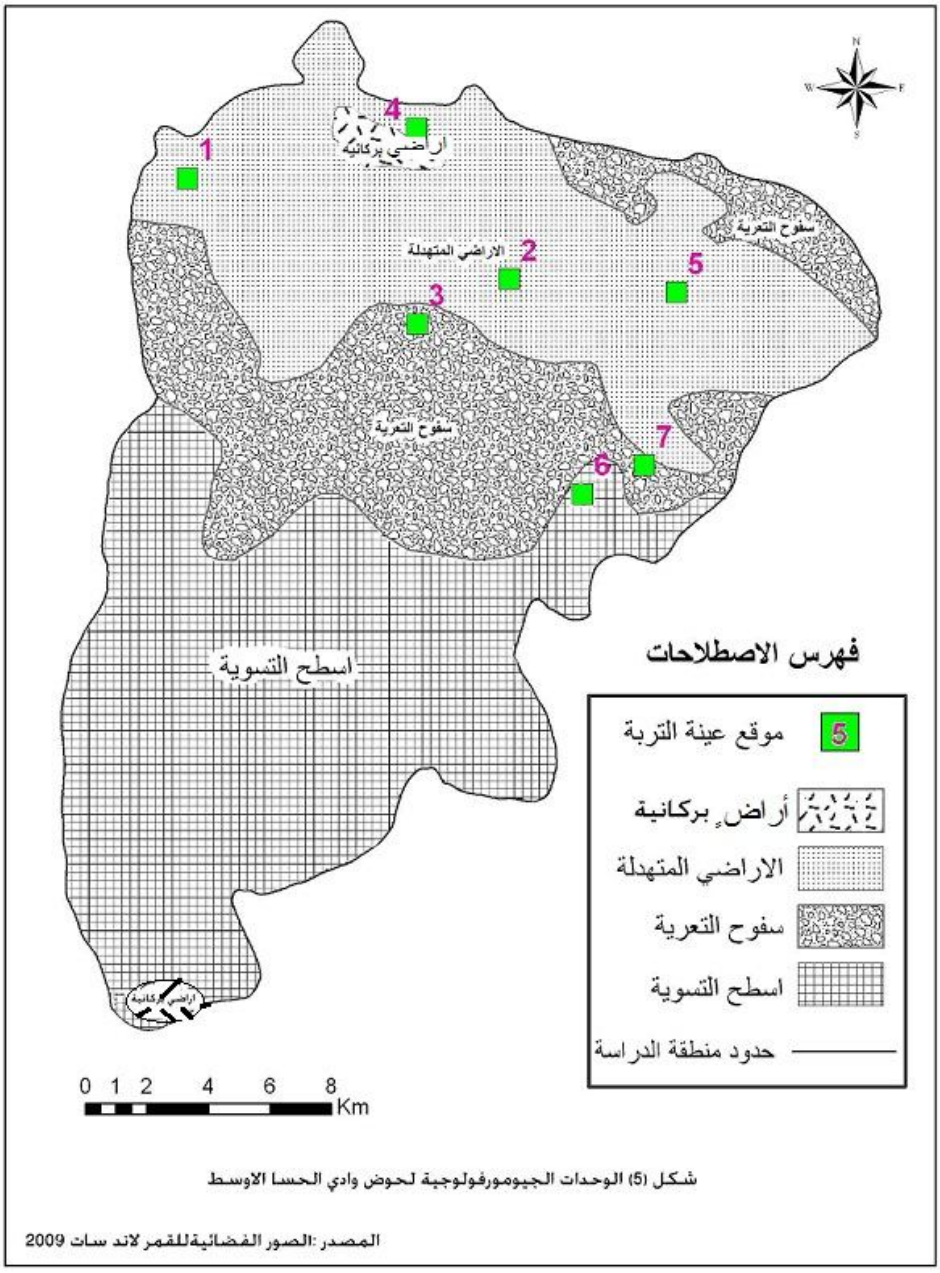


المصدر: خارطة الطفيلة، والعينا الجيولوجية1 /50000

ومن ثمّ انعكست التكوينات الجيولوجية والعمليات المورفوبنيوية على التضاريس المحلية التي تراوحت ما بين 1520 م- 380م فوق مستوى سطح البحر عند الحافة الدنيا لسد التنور، كما انعكست التكوينات الجيولوجية، والعمليات المورفوبنيوية على الوحدات الجيومورفولوجية التي تم تقسيمها إلى ثلاث وحدات رئيسية هي: بقايا أسطح الهضبة الأردنية (الميسا)، وسفوح الحت المتقطعة، والأراضي المتهدلة التي يوضحها الشكل (5)**، كما يوضح خصائصها الفيزيوغرافية الجدول (2)، في حين يوضح الشكل (6) العمليات الجيومورفولوجية التي تسود حوض وادي الحسا الأوسط.

* اعتمد التسميات الجيولوجية لنوع الصخور على التسميات المعتمدة من قبل سلطة المصادر الطبيعية في الأردن.

** هذه الخرائط صممت ورسمت باستخدام برمجيات Arc Gis.



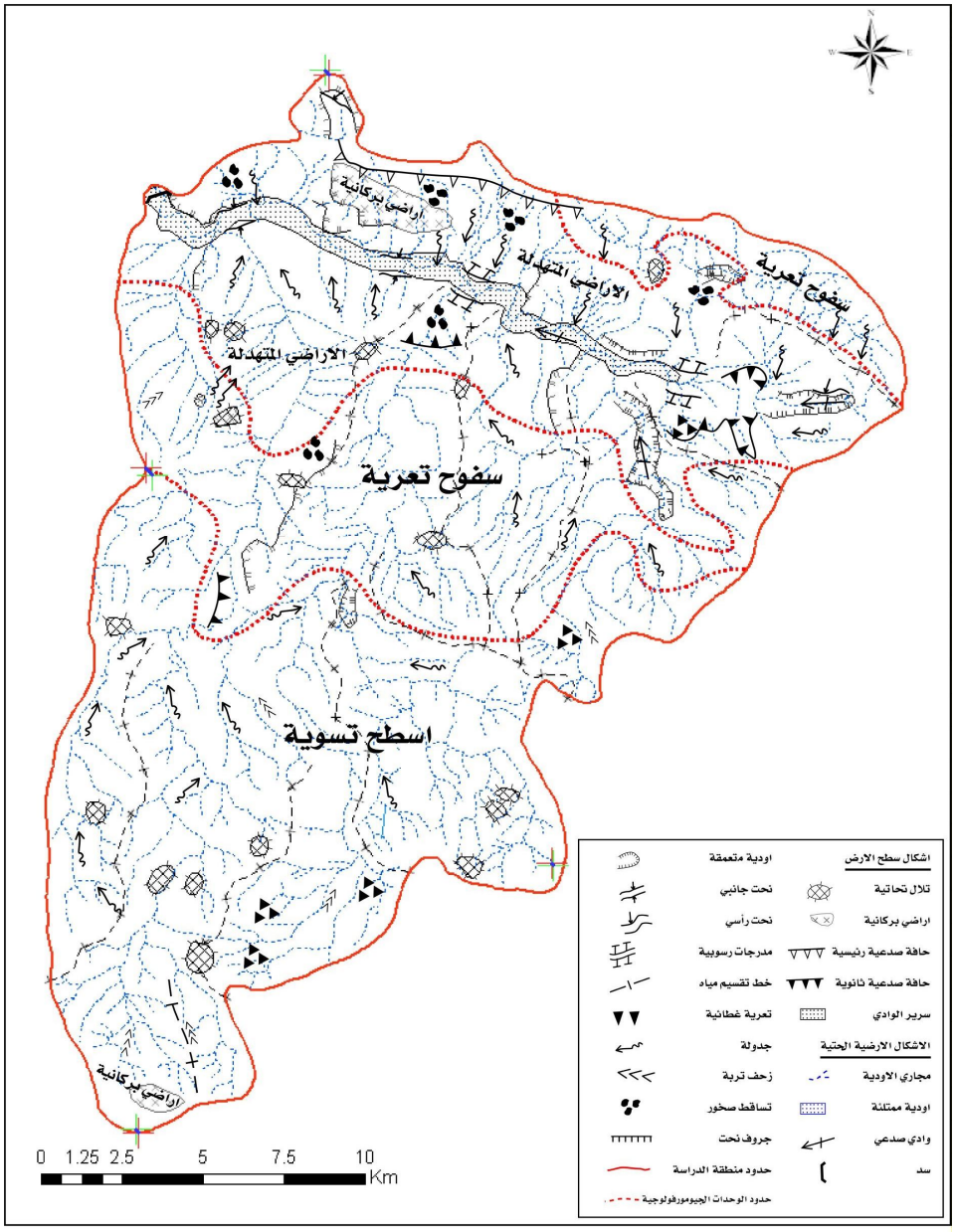
شكل (5) الوحدات الجيومورفولوجية لحوض وادي الحسا الاوسط

المصدر :الصور الفضائيةللقمر لاند سات 2009

جدول (2): خصائص الوحدات الجيومورفولوجية

الوحدة الأرضية	التركيب الصخري	التربة	الارتفاع عن سطح البحر	الارتفاع النسبي/م	درجات الانحدار					العمليات الجيومورفولوجية الحتية
					5>	5.1-10	10.1-15	15.1-25	<25	
بقليا لاسطح الهضبية (A)	A7-b2 حجر جيري سيليسي، وفوسفات، حجر طباشيري ومارل، وحجر جيري مارلي، وبازلت	تربة بنية متشققة، التربة الصفراء الكلسية	1530م-1100م	430 م	- - - - - - - - - -					انجراف تربة غطائي، انجراف قنوي، زحف تربة على المنحدرات التلية
سفوح الحت (B)	A1-6 حجر جيري رملي، وحجر جيري مارلي، وطفل (غضار)	تربة leptosol، وأتربة اللومية الرملية	900م-600م	300 م			-- -- --			تعرية قنوية، تعرية غطائية، زحف تربة، انزلاقات أرضية

الاراضي المتهدلة (c)	حجر رملي جيري، ومارل وغضار، وسلت، وحجر طيني	التربة السلتية الطينية، والسلتية الرملية، والتربة الجريشية	650-450	200م	- - - - - - - - - -				انزلاقات ارضية، انجراف قنوي
سرير الوادي (D)	ارسابات فيضية، وحصى جيري وبازلتي، ورملي	تربة حصوية، والتربة اللومية الطينية	664م-384م	280م	- - - - - -				حت جانبي، حت راسي، مساقط مائية، انجرافات قنوية، تهدل ارضي

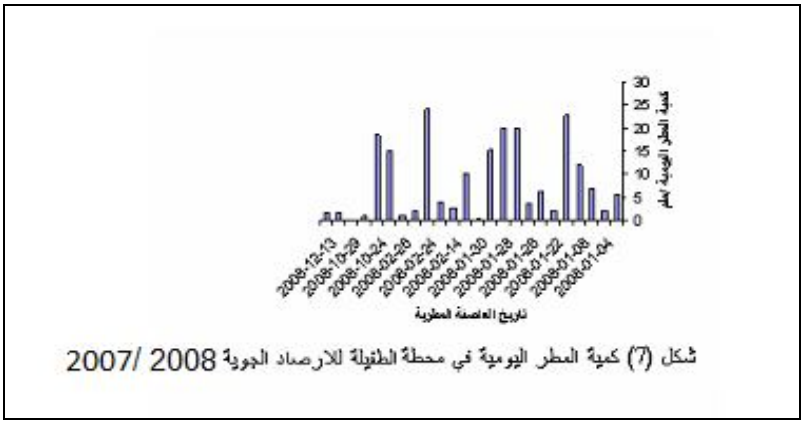


شكل (٦) الخريطة الجيومورفولوجية لحوض وادي الحسا الأوسط

المصدر: الصور الجوية ٢٥٠٠٠ / ١ لعام ٢٠٠٠

الهطول

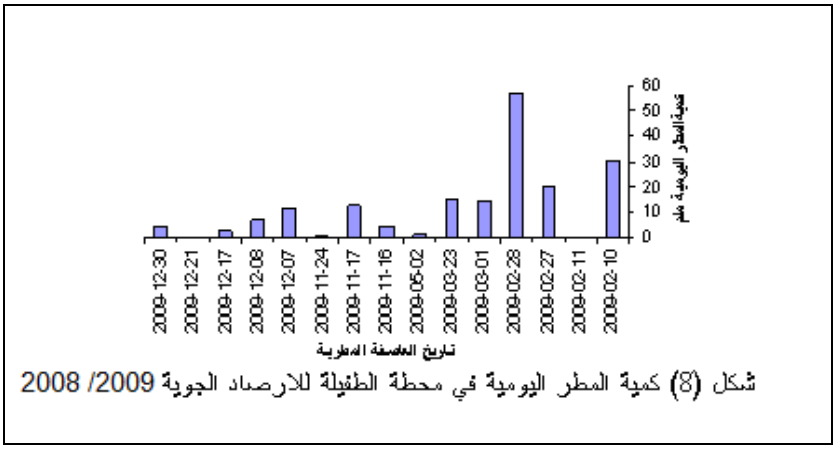
إن معرفة كمية الهطول وخصائصه من حيث: الشدة، والتوزيع الزماني والمكاني مهم لمعرفة كميات انجراف التربة، ونقلها، وترسيبها، وبما أن منطقة الدراسة تقع ضمن مناطق البحر المتوسط شبه الجافة التي تميل إلى الجفاف أكثر من ميلها للرطوبة، فإن كميات الهطول متذبذبة من سنة لأخرى ومن شهر لآخر، ففي فترة الدراسة والتي استمرت حوليّن كاملين، وجد بأن كمية الأمطار التي سقطت في الموسم المطري 2007 /2008 بلغت 199.1 ملم/ السنة، وانخفضت هذه الكمية إلى نحو182.3 ملم للموسم المطري التالي 2009/2008.فمن خلال هذه البيانات الشهرية والسنوية للأمطار نجد أن منطقة الحوض الأوسط لوادي الحسا تقع ضمن المناطق الجافة التي تتميز بكثرة تقلبها من سنة لأخرى[23]، إذ بلغ معدل الاختلاف لكمية الأمطار في هذين الموسمين نحو (60%)*، ففي حين نجد أن كمية الهطول لم تزّد عن 1ملم في شهر آذار/2008، نجد أنها تصل إلى 117.3 ملم في شهر كانون ثاني من العام نفسه [24]، كما يوضح ذلك الشكل (7)، والشكل (8).



شكل (7) كمية المطر اليومية في محطة الطفيلة للارصاد الجوية 2008 /2007

المصدر: وزارة النقل – دائرة الارصاد الجوية 2007-2008

*) معامل الاختلاف هو معيار نسبي لتباين الأمطار من سنة لأخرى، وهو يساوي الانحراف المعياري مقسوما على الوسط الحسابي(شحادة،1990، ص120).



شكل (8) كمية المطر اليومية في محطة الطفيلة للارصاد الجوية 2009/ 2008

المصدر: وزارة النقل – دائرة الارصاد الجوية 2008-2009

وبالرغم من أهمية كمية الأمطار وتوزيعها الزماني والمكاني، إلا أن عامل شدة المطر يعد من أكثر المتغيرات تاثيراً على انجراف التربة بجميع أشكاله الغطائية والقنوية، كما يؤثر حجم قطرات المطر وغزارتها على تطاير التربة وتناثرها، وبخاصة فوق المناطق المنحدرة والمكشوفة ذات الترب الهشة كما هو الحال في منطقة حوض وادي الحسا، ولأهمية هذا العامل في انجراف التربة، كان لا بد أن يؤخذ بالحسبان كأحد المتغيرات الأساسية في هذه الدراسة.

وبتحليل كمية الأمطار لعامين متتاليين– فترة الدراسة- (2007-2008 / 2008-2009)، تبين أن شدة المطر في الساعة تتباين ما بين أقل من 0.3 ملم/ ساعة الى أكثر من 16 ملم/ الساعة، كما يوضح ذلك الجدول (3)، فمن خلال هذا الجدول نجد أن أكثر الأشهر التي تركزت فيها كمية الأمطار كانت في شهر كانون ثاني من عام 2008، وبلغت معدلات شدة المطر في هذا الشهر نحو 4.4 ملم / الساعة، وتلاه شهر شباط في عدد الأيام الماطرة، وبشدة مطر أقل إذ بلغت نحو 2.64 ملم / الساعة، أما أقل الشهور في كمية المطر فكان شهر آذار، إذ لم تتجاوز هذه الكمية 1 ملم، أما كمية الأمطار وشدتها في عام 2009، فكانت أقل من حيث الكم وعدد الأيام الماطرة، بالرغم من كمية الأمطار التي هطلت في شهر شباط (107 ملم)، وبشدة تراوحت ما بين 16.1- 6.4 ملم / الساعة، متسببة في انجراف كمية كبيرة من التربة توضحها الصورة الفوتوغرافية ملحق (1)، كما تميّز الموسم المطري 2009/2008 بالأمطار العاصفية التي هطلت في شهر آذار التي بلغت نحو 30 ملم، وبشدة مطرية بلغت نحو 8.35 مم/ الساعة.

جدول (3): كمية الأمطار اليومية، وشدة المطر في الساعة

الشهر/2007-2008	الأيام الماطرة	التاريخ	شدة المطر ملم/ الساعة	مج.اليومي	مج. الشهري
ك2	12	**4**	1.8	5.7	117.3
		5	0.8	2.1	
		8	6.9	7	
		9	3.4	12	
		22	6.8	22.1	
		23	0.8	2.1	
		26	3.8	6.2	
		27	3.4	3.7	
		28	10	20.1	
		29	8.7	20.1	
		30	5.6	15.3	
		31	0.9	0.3	
شباط	5	14	1.8	10.2	42.8
		19	1	2.7	
		24	3.4	4	
		25	6.7	24	
		26	0.3	1.9	
آذار	1	10	0.6	**1**	**1**
ت1	4	24	8.3	15	34.4
		28	6.5	18.4	
		29	0.8	0.9	
		30	0.3	0.1	
ك1	2	13	1.2	1.8	3.6
		25	0.8	1.8	
الشهر/2008-2009	**الأيام الماطرة**	**التاريخ**	**شدة المطر ملم/ الساعة**	**مج.اليومي**	**مج. الشهري**
شباط	4	**10**	3.1	30.1	107.1
		11	0.7	0.2	
		27	1.6	19.8	
		28	16.1	57	
آذار	2	1	8.9	14.7	29.7
		23	7.8	15	
أيار	1	2	1.4	1.2	1.2

الشهر/2008-2009	الايام الماطرة	التاريخ	شدة المطر ملم/ الساعة	مج.اليومي	مج. الشهري
ت2	3	16	3.5	4.4	17.2
		17	**1.8**	12.5	
		24	1.8	0.3	
ك1	5	7	3.3	11.4	25.1
		8	1.2	6.6	
		17	0.8	2.8	
		21	0.6	0.2	
		30	1.8	4.1	

الغطاء الأرضي

1- التربة

تغطي حوض وادي الحسا الأوسط مجموعات مختلفة من أنواع التربة لكنها تتميز بهشاشتها، وقلة سماكتها، لما عانت منه لفترات طويلة من التعرية المائية في الأحباس الدنيا لحوض وادي الحسا الأوسط، والتعرية الريحية في الأحباس العليا لحوض وادي الحسا، فتعد مجموعات التربة التي تسود الحوض الأوسط لوادي الحسا من الترب مبتدئة التطور ذات القوام المتوسط إلى الثقيل على المنحدرات الوسطى، وتصبح تربة حصوية في مناطق الإرسابات الفيضية وبخاصة حول مجرى وادي الحسا والتي في الغالب ما تستغل في زراعة بعض الخضروات، وبعض الأشجار المثمرة مثل: الزيتون، والجوافة، وغيرها.

1-1- قوام التربة

تعد الترب الطينية السلتية، والتربة الرملية هي الغالبة على تصنيف التربة السائدة في منطقة الدراسة كنتيجة منطقية لتنوع الصخور التي اشتقت منها هذه التربة (التحليل المخبري للتربة – جدول 1)، وتعكس خصائص التربة الفيزيائية والكيمائية التداخل ما بين العمليات الديناميكية المختلفة أثناء وبعد عملية تشكيل التربة في الأزمنة الجيولوجية المختلفة، فالعمليات الجيومورفولوجية المختلفة أدت إلى زيادة سمك مقطع التربة في الجهة الجنوبية الشرقية، أو ما يطلق عليه أسطح التسوية، وفي مناطق الإرسابات الفيضية، إذ يصل عمق مقطع التربة في بعض المواقع إلى أكثر من 120 سم، في حين لا يزيد هذا العمق عن 30 سم في الأراضي المنحدرة وسفوح التعرية*، كما أظهر التحليل المخبري لتدرج نسيج التربة بأن نسبة السلت ترتفع في

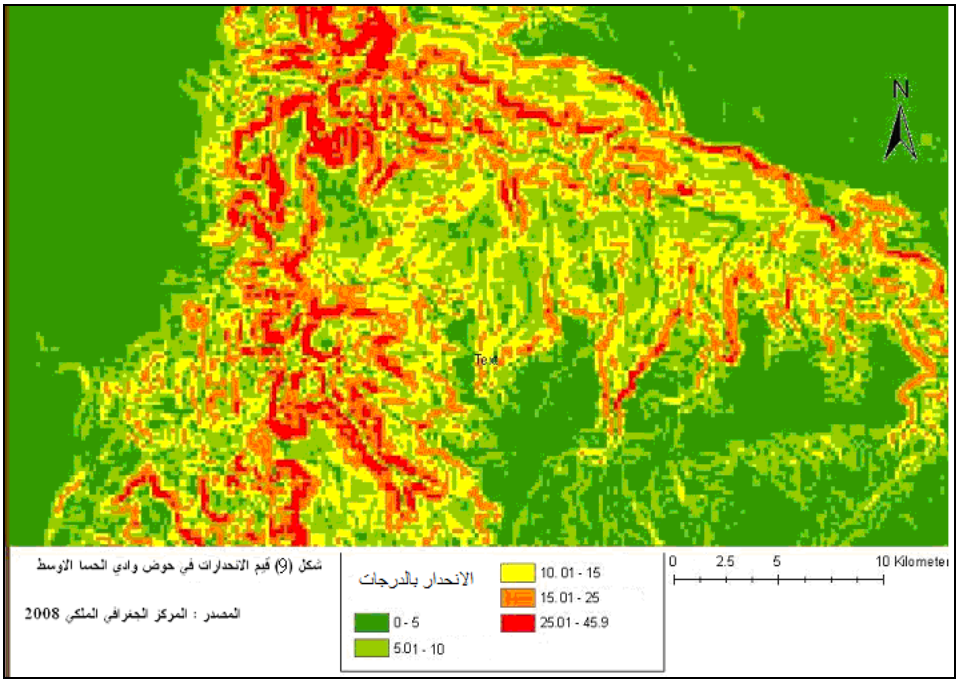
* (المسح الميداني 2009).

الموقع الثالث 74%، والرابع 78%، والأول 43%، بينما ترتفع نسبة الرمل في الموقع السابع 80%، أما نسبة الطين فإنها ترتفع في الموقعين السادس والثاني إلى 47%، 42% على التوالي (انظر توزيع مواقع عينات التربة في الشكل 5)، ومن خلال هذه النسب نجد أن نسبة السلت هي الغالبة على تكوينات التربة في الحوض الأوسط لمنطقة الدراسة، ويعود السبب في ذلك إلى عامل انجراف التربة بواسطة الأمطاركما يوضح ذلك الجدول (1).

كما أظهر التحليل المخبري لعينات التربة ارتفاع نسبة كربونات الكالسيوم التي تراوحت ما بين 23% في عينة التربة السادسة، وأقل من 0.1 % في العينة الأولى، والسابعة، ويدل ارتفاع نسبة الكالسيوم في التربة على انخفاض نفاذيتها وزيادة احتمالية انجرافها بفعل الجريان السطحي.

2- درجة الميل

تميزت منطقة الدراسة بتباين درجات الانحدار، إذ تراوحت معدلات انحدار منطقة الدراسة ما بين (5^{-5} > 45^{5}) والموضحة في الشكل (9)، مما زاد من التعرية القنوية وبخاصة في الأحباس العليا من المنحدرات الجبلية، التي تراوح فارق منسوبها الأرضي ما بين (1531 - 274)م عن مستوى سطح البحر وبمسافة رأسية لا تزيد عن 27.5 كم.

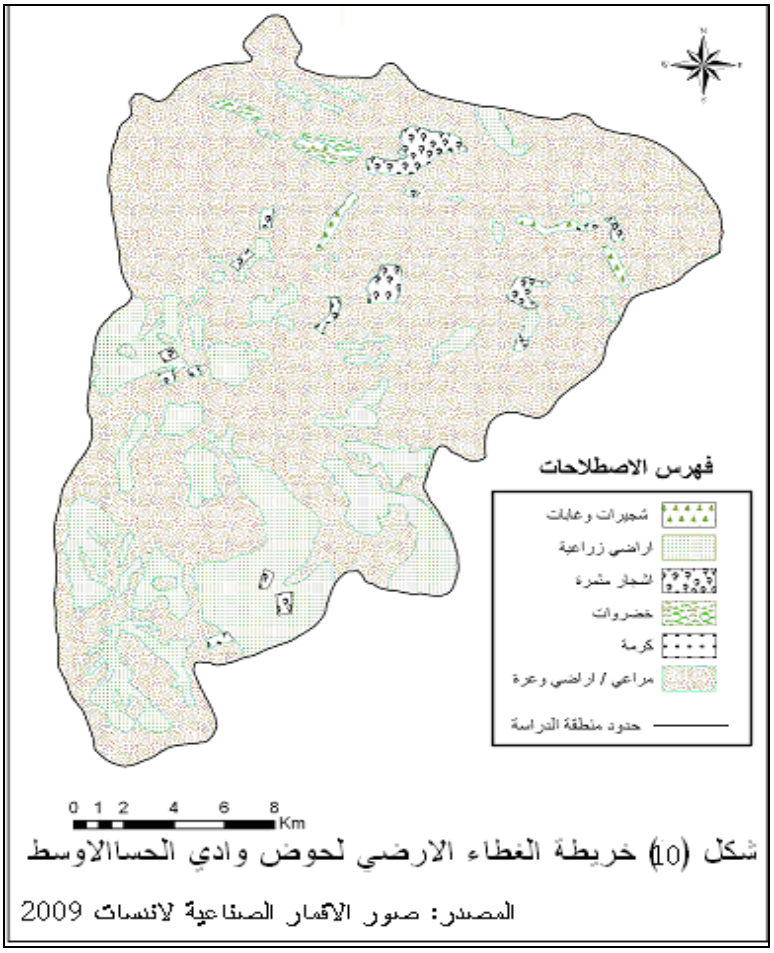


شكل (9) قيم الانحدارات في حوض وادي الحسا الأوسط

المصدر : المركز الجغرافي الملكي 2008

3- النبات

تعد أراضي منطقة الدراسة من الأراضي الفقيرة بنباتاتها البرية، ولا تزيد نسبة المساحة الأرضية التي تغطيها النباتات البرية عن 5% من مساحة الحوض الأوسط لوادي الحسا، اقتصرت على مجموعة من شجيرات الشيح Artemisia herba albaوالسلا Zilla spionsum، والبلان Potenum spionsum، والغبيرا Sorbus torminalis، وبعض شجيرات الرتم Retama raetum، والسويد Rahmnus palestina، والزعرور في حين سادت النباتات المائية وبخاصة العلندا (الافيدرا) Ephedra alte، والدفلى Nerium oleander، والطرفا، والقطف الملحي Atriplex halimus، والقبّار(اللصف) Capparis cartilaginea بعض مجاري وادي الحسا [25].



شكل (10) خريطة الغطاء الارضي لحوض وادي الحساالاوسط

المصدر: صور الاقمار الصناعية لاندسات 2009

كما استغلت بعض مناطق الإرسابات الفيضية، مثل بعض مناطق الهضبة (الميسا) بزراعة بعض المحاصيل الحقلية البعلية من القمح، والشعير، والبقوليات وبعض الأشجار مثل: العنب والزيتون، في حين زرعت الأراضي حول مجرى وادي الحسا (المصاطب الفيضية) بالخضروات وخاصة البندورة، وبعض الأشجار المثمرة مثل: الزيتون والجوافة والرمان والتين، في حين تركت النسبة الكبرى (95%) من أراضي حوض وادي الحسا الأوسط والبالغة نحو 465 كم^2 كمراعي مفتوحة شكل (10).

النتائج والتحليل

1- الترب المتناثرة بفعل قطرات المطر

يعد الهطول والجريان السطحي (run off) من أهم العوامل التي تؤثر على كمية انجراف التربة، فتصادم قطرات المطر مع التربة تؤدي إلى تفتت كتلة التربة، وتجعل حبيباتها تتناثر، وبخاصة التربة ضعيفة البناء مثل: التربة الرملية السلتية الناعمة، والتربة السلتية، والتربة الطينية الناعمة، فجزيئات هذه الأنواع من الترب من السهل أن تنفصل عن كتلة التربة عندما تصطدم بها قطرات المطر؛ مما يؤدي إلى فقدان تماسكها وبخاصة عندما تتعرض إلى العواصف المطرية الشديدة، وتصبح عرضة إلى التناثر والانتقال من مكانها، ولأهمية هذا العامل في تطاير التربة وانتقالها بعد أن تنفصل عن كتلتها ومن ثم انتقالها بواسطة القنوات المائية وترسيبها في المناطق المنخفضة وبخاصة في سد التنور استخدمت منهجية مورغان (1981) في تقدير كمية التربة المتناثرة بواسطة العواصف المطرية بواسطة أداة أطلق عليها فنجان التطاير (Field splash cup) والموضحة في الشكل (3)[26]، وقد وزعت عشر[*] أدوات من أدوات فنجان التطاير في بداية كل موسم مطري الذي يبدأ في الأردن في تشرين أول (اكتوبر)، وينتهي في شهر أيار من كل عام، ومن ثمّ كان يتم جمع العينات التي يتم تناثرها بواسطة قطرات المطر وتنحصرداخل فنجان التطاير ومن ثم يتم تجفيفها ووزنها بعد كل عاصفة مطرية، ويوضح الجدول (4) كميات التربة المتناثرة بالغرام في كل عاصفة مطرية التي تم جمعها خلال موسمي المطر لعامي 2008/2007، و2008 /2009.

*) تعرضت ثلاث أدوات من مصائد التربة للضياع.

جدول (4): كمية انجراف التربة بالغرام في كل عاصفة مطرية عام 2008/2009

تاريخ العاصفة المطرية 2009/2008	كمية المطر ملم	الموقع 1	الموقع 2	الموقع 3	الموقع 4	لموقع 5	الموقع 6	الموقع 7	المجموع غم
2/11-10	30,3	22	28	18	26	45	71	66	276
2/28-27	76.8	72	87	63	76	66	146	163	673
3/1	14,7	12	10	10	17	22	18	24	113
3/23	15	23	21	13	23	12	22	18	132
5/2	1.2	0	0	0	0	0	0.3	0.3	0.6
11/17-16	16.9	13	13	11	15	11	13	22	98
11/24	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0
12/8-7	18	11	9	5	9	7	8	12	61
12/17	2.8	0	0	0	0	0.3	0.2	0.2	0.7
12/21	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0
12/30	4.1	5	11	9	9	12	17	12	75
المعدل	16.39	14.36	16.27	11.72	15.9	15.9	26.86	28.86	129.93
المجموع	180.3	158	179	129	175	175.3	295.5	317.5	1429.3
تاريخ العاصفة المطرية 2008/2007	كمية المطر ملم	الموقع 1	الموقع 2	الموقع 3	الموقع 4	الموقع 5	الموقع 6	الموقع 7	المجموع غم
1/5-4	7.8	0	9	0	0	8	0	0	17
1/9-8	19	9	11	16	12	18	8	18	92
1/23-22	24.8	18	29	24	23	36	36	38	204
1/31-26	65.7	38	72	48	27	76	75	133	469
2/14	10,2	6	11	13	9	11	0	7	57
2/19	2.7	3	3	5	0	9	11	14	45
2/26-24	29.9	19	23	13	31	19	47	66	218
3/10	1	0	0	0	0	0	0	0	0
10/24	15	18	41	28	44	35	21	56	243
10/ 30-28	19.4	17	17	12	55	43	28	31	203
12/13	1.8	0	0	0	0.3	0	0.9	0.6	1.8
12/25	1.8	0	0	0	0	0	0.5	0.3	0.8
المعدل	16.59	10.66	18	13.25	16.77	21.25	18.95	30.32	150,1
المجموع	199.1	128	216	159	201.3	255	227.4	363.9	1550.6

المصدر: القياس الميداني، دائرة الارصاد الجوية 2008/2007، 2008 /2009

يلاحظ من خلال هذا الجدول بأن أعلى كمية للتناثر سجلت في الموقعين 7 و6، ويعزى السبب في ذلك إلى أن هذين المواقعين كانا ضمن وحدة سطح الهضبة (الميسا)، وعلى ارتفاع 908م، و987م فوق مستوى سطح البحر على التوالي التي تتميز بأمطارها التضاريسية، كما تتميز هذه المنطقة بضعف بناء تربتها التي تغلب عليها التربة الرملية اللومية، وفقرها في الغطاء النباتي، وحراثتها الآلية من أجل زراعتها في بواكير فصل الشتاء، وعندما يفشل المحصول ترعى بالأغنام قبل نضوجها مما يؤدي إلى تفكك التربة، ومن ثمّ تعد المنطقة الجغرافية التي أجريت القياسات عليها هي من ضمن المناطق الصحراوية شبه الجافة الفقيرة في نباتاتها التي تميل للجفاف أكثر من ميلها للرطوبة، حيث بلغ معامل جفافها (5.4) وفقا لمقياس دي مارتون Demarttonne*[(27)]. أما أقل كمية تناثر فسجلت في الموقعين الثالث والأول مع فارق سلبي بسيط بينهما لا يتجاوز 31 غرام في السنتين، ويمكن أن يعزى تدني معدلات انجراف التربة في هذين الموقعين إلى انتشار التربة الحصوية والتربة الطينية التي تتميز بانتفاخها وتماسكها أثناء الرطوبة وشدة جفافها أثناء الجفاف، كما يتميز هذان الموقعان بتدني كمية الهطول فيهما، إذ لا تزيد معدلات الأمطار في موقع سد التنور عن 110 ملم / السنة- محطة قياس الأمطار قي سد التنور2008/2007، 2008 /2009 - أما الموقع الثاني والرابع والخامس فكانت كميات تناثر التربة فيها متقاربة كنتيجة لتشابه الظروف الطبيعية من جهة، وتشابه ظروف الاستعمال الزراعي من جهة أخرى، وتدني كميات الهطول السنوي في فترة الدراسة حيث تراوحت كمية الهطول بين 182.3- 199.1 ملم / السنة** (علما بأن المعدل العام للأمطار في محطة الطفيلة للأرصاد الجوية هو 250 مم/ السنة [(28)].

إن الفارق الواضح بين انجراف التربه في الموقع السابع والثالث في عام 2008 /2009 بلغ نحو 188.5 غراما، وفي عام 2007 /2008 بلغ نحو 204.9 غراما، مما يؤكد أنّ عامل التضاريس يلعب دوراً مهما في تناثر التربة بسبب الأمطار، فالفارق النسبي بين الموقعين هو 305 م.كما أن نوع التربة يلعب في هذه الحالة دوراً واضحاً في تناثر التربة، ففي حين نجد أن التربة في الموقع السابع هي تربة رملية لومية ومفككة القوام ضعيفة البناء، نجد أن التربة في الموقع

* معادلة دي مارتون هي:I= P/T +10 حيث تعني I تعني معامل الجفاف، P كمية الهطول السنوي، T معدل درجة الحرارة المئوية.

** بلغت كمية الأمطار التي هطلت في العام المطري 2007 / 2008 199.1 مم، و182.3 مم في العام المطري 2008 / 2009.

*** الفارق ما بين وزن التربة في الحوض العلوي لمصيدة التناثر والحوض السفلي هو صافي كمية التربة المنقولة (شكل 3).

الثالث هي تربة سلتية أكثر تماسكا، وبالرغم من تدني معدلات تناثر التربة إلا أنه يمكن حساب هذه الكمية ومقارنتها مع بعض الدراسات التي شملت بعض المناطق من الأردن، أو تلك التي قامت بها سلطة المصادر الطبيعية في حساب كمية الإرسابات المتوقع أن تصل إلى سد التنور، من خلال معرفة مساحة الدائرة الداخلية لمصيدة التناثر وفقاً لمعادلة مساحة الدائرة (**نق ^{2}. π**)

وبما أن نصف قطر مصيدة التناثر هو 5 سم، فإن مساحة الدائرة الداخلية لها تساوي 78.6سم^2، ومن ثمّ يمكن حساب كمية التربة التي جمعت في مصيدة التناثر خلال فترة الدراسة والتي يوضحها الجدول (4)، وباستخدام منهجية مورغان(1981) التي طبقت على هذه الدراسة قام الباحثان في حساب الفروق في أوزان التربة المتجمعة في مصيدة التناثر بعد أن جففت ووزنت. ومن ثمّ تم استخلاص كمية التربة المنقولة وفقا لما يوضحه الجدول (5)، والجدول (6).

ومن خلال معدلات انجراف التربة منسوبة إلى المساحة، نجد أن هذه القياسات لكمية انجراف التربة في منطقة حوض وادي الحسا الأوسط هي بشكل عام ضمن تقديرات معدلات انجراف التربة في مختلف مناطق الأردن، التي تراوحت ما بين 0.3- 1.7 طنا/ دونم/ السنة، وأقل من تقديرات منظمة الفاو العالمية التي قدّرت بأن الانجراف المائي في الأردن ما بين (1-5) اطنان/دونم/ السنة[29]، وأقل من تقدير عنانزة لكميات انجراف التربة في منطقة عجلون والتي قدرها من خلال دراسته بنحو 0.96 طنا/دونما/ السنة[30]، هذا بالإضافة إلى تقديرات البطيخي وعربيات حول انجرافات التربة في 331 عينة قدرت معدلات انجراف تربتها ما بين (0- 20 طنا/دونم / السنة) [31].

جدول (5): معدل التناثر ط/دونم/السنة

العينة	معدل التناثر 2008 /2009 بالطن/ دونم	معدل التناثر2007 / 2008 بالطن/ دونم
1	0.2	0.16
2	0.22	0.27
3	0.16	0.2
4	0.22	0.25
5	0.22	0.32
6	0.37	0.29
7	0.4	0.46

جدول (6): المعدل السنوي لتناثر التربة بفعل قطرات المطر، ومعدل الانجراف المساحي

العينة	مج. التربة المتناثرة لعامين مطريين (2007 /2008- 2008 / 2009 بالغرام/سم2	المعدل السنوي	معدل الانجراف طنا/ د / س
1	3.63	1.81	0.36
2	5.02	2.51	0.5
3	3.66	1.83	0.36
4	4.78	2.39	0.47
5	5.47	2.73	0.54
6	6.65	3.32	0.66
7	8.66	4.33	0.86
المجموع	37.87	-	3.75
المعدل	5.41	-	0.53

وكنتيجة لهذه الفروقات في معدلات إنجراف التربة في التناثر، طبقت منهجية Thompson and McGregor (1995) حول قابلية الأرض للانجراف، والتي تؤدي الى زيادة احتمالية الإنجراف وهي: [32]. $E = Kq^2.S^{1.66}$ *

وبعد أن طبقت هذه المنهجية على ثلاث وحدات جيومورفولوجية ضمن منطقة الدراسة وهي: منطقة العينا الغربية (سفوح التعرية)، ومنطقة العالية (أسطح الميسا)، ومنطقة سد التنور (الأراضي المتهدلة) التي يوضح خصائصها الطبيعية الجدول (7).

جدول (7): احتمالية إنجراف التربة في حوض وادي الحسا الأوسط

المنطقة	الانحدار بالدرجة	المساحة/كم2	نوع الصخر المحلي	احتمالية انجراف التربة مم/سنه
العينا	11	2	وادي أم غدران	1.03
السد (سد التنور)	8	0.95	الفحيص/الحمر /شعيب	1.37
العالية	5.6	1.4	رسوبيات حديثة	1.65

المصدر: 1) الخريطة الطبوغرافية والقياس الميداني،2) الخريطة الجيولوجية50000/1

* حيث: E هي احتمالية انجراف التربة، K مقياس قابلية التربة المشتقة من الصخر المحلي على الانجراف وتساوي (ثابت 0.02).، S درجة الانحدار، Q هي كمية الجريان السطحي التي تشتق من المعادلة الاتية q=(p-A)a.، حيث ان: p معدل الامطار في وحدة زمنية معينة. A كمية التسرب الداخلي،a مساحة المنطقة.

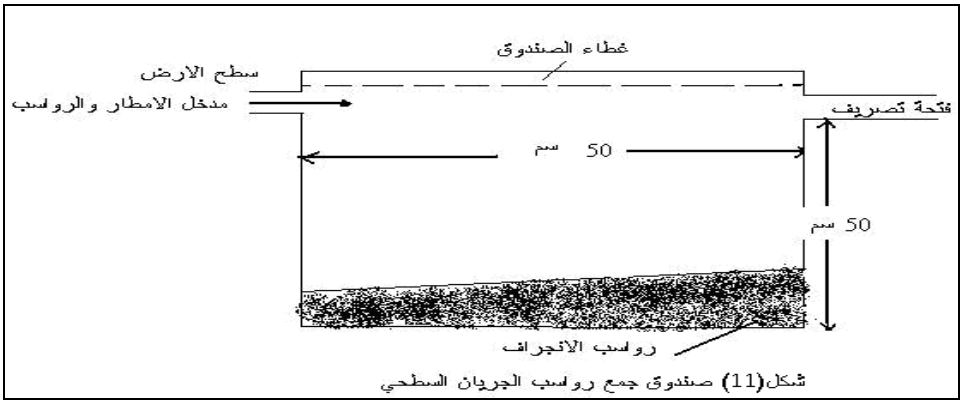
نجد أن معدل احتمالية قابلية التربة على الانجراف ضمن الوحدات الجيومورفولوجية الرئيسية الثلاث هو 1.35 مم/ السنة، وهذا الرقم يكاد يتفق مع نتائج الدراسات التي أجريت على بقاع مختلفة من الأردن والتي تراوحت ما بين 1.04 – 1.33، كما تتفق مع نتائج دراسات ماكدونالد حول كمية انجراف التربة في الأحواض الشرقية للأردن والتي قدرها بنحو1.4 مم / السنة [33]، ولكنه لا يتفق مع كمية التربة التي تتناثر بواسطة قطرات المطر، مما يعني وجود متغيرات تؤثر على انجراف التربة، بالإضافة إلى الأمطار التي أظهرها التحليل الإحصائي مثل: خشونة السطح، والانحدار، وخصائص التربة الكيميائية والفيزيائية، والجيولوجيا وغيرها.

2- الانجراف القنوي

يحدث الجريان السطحي عندما يتحول الجريان الغطائي إلى جريان بواسطة القنوات المائية، وتصبح قدرة الماء وطاقته أكبر على حمل جزيئات التربة التي تناثرت نتيجة ارتطام قطرات المطر بها، التي أسهمت في نقلها من مكانها وأصبحت أسهل في عملية الانتقال بواسطة الجريان الغطائي، الذي لا يلبث أن يتحول إلى جريان أخدودي يتراوح ما بين القنوات قليلة العمق (rills)، وما بين المسيلات المائية العميقة والواسعة (Gullies)، التي قسمها روس Roose,1994 إلى ثلاثة أقسام رئيسية وفقا لعمليات تشكيلها وهي: الجداول على شكل الحرف اللاتيني (V) التي تنجرف موادها المجوّاة عن قناة الوادي بناء على قوة القص الهيدروليكي، والجداول على شكل حرف (U) والتي تنتج عن انهيارات حوائط الأودية، وجداول الإذابة، وقد وجد ماير وفوستر ونيكولوف بأن أكثر من 15% من الحبيبات الموجودة على السفوح التي يزيد انحدارها عن (3,5 ^{5}) تنقل بواسطة القنوات المائية[34].

وكنتيجة لأهمية معرفة كمية الانجراف بواسطة القنوات المائية في حوض وادي الحسا الأوسط ذي الطبيعة الطبوغرافية المعقدة، انتهج الباحثان في معرفة كمية انجراف التربة بفعل الجريان السطحي صناديق (مصائد)[35]، لقياس رواسب الانجراف لقياس انجراف التربة بواسطة القنوات المائية شكل (11)، إذ وضعت سبعة صناديق بمواصفات خاصة لتجميع التربة أثناء العواصف المطرية التي تسبب الجريان السطحي، وبعد انتهاء العاصفة المطرية كانت تجمع عينات التربة التي جمعّت في هذه الصناديق وتجفف وتوزن، وكانت النتيجة أن هذه الصناديق لم تكن عملية؛ بسبب تعرضها للعبث وحتى في المناطق المحمية؛ لأنها تحتاج إلى عمل أحواض تجميعية طولها 10م، وعرضها 3 م - وبالرغم من ذلك - تم تجميع التربة المنقوله بواسطه الجريان السطحي للأمطار من خلال أربع مصائد وضعت ضمن بعض الأراضي المحميّة: الموقع الأول بالقرب من سد التنور والذي سجل 0.874 كغ /م^{2}/ السنة، والموقع الثاني في منطقة العالية الواقعة ضمن سطح الميسا الأردنية الذي سجلت القراءات فيه 0.488 كغ/م2 /السنة، أما الموقع

الثالث فقد وضع في إحدى المزارع في قرية العينا، وسجلت القراءات فيه 0.620 كغ/م^2/ السنة، أما الرابع فقد وضع في منطقة زبدة بالقرب من محطة عابور الزراعية، وسجلت القراءات فيه 0.532كغ /م^2/ السنة، ومن ثمّ فإن كمية التربة التي يتم نقلها بواسطة القنوات المائية تصل في معدلاتها إلى 0.628 طنا / دونم/السنة. وهذه الكمية هي أكبر من تقديرات وزارة المياه والري في دراساتها الأولية لإنشاء سد التنور حيث قدرت تلك الدراسات بأن معدل الإرسابات التي تصل إلى جسم السد تقدر بنحو 106000طنا/ السنة، من كامل مساحة حوض وادي الحسا التي تبلغ 2160 كم^2[36]، ومهما يكن، فإن كمية الانجراف ترتبط بشكل مباشر في كثافة المطر وشدته، حيث تعرضت المنطقة على سبيل المثال لا الحصر بتاريخ 28-2 – 2009 إلى عاصفة مطرية بلغت كمية المطر فيها 57 مم، ووصلت شدة الأمطار فيها 16.1مم/ الساعة، مما أدى إلى انجراف كميات هائلة من التربة توضحها الصورة الفوتوغرافية ملحق (2).



شكل(11) صندوق جمع رواسب الجريان السطحي

المصدر بتصرف: المصدر:,Morgan,R.P.C.1979, p18-21

التحليل الاحصائي

استخدم الحاسوب لتحليل مصفوفة المتغيرات التي أدخلت من أجل تحديد أهم المتغيرات التي تؤثر في كمية انجراف التربة من خلال استخدام التحليل العاملي Factor Analysis، وقد استخدم في هذه الدراسة 25 متغيرا جدول (1) - مع تثبيت عامل المطر لوجود محطة واحدة تغطي منطقة الدراسة من جهة، ولاعتماد كمية التناثر والانجراف الغطائي والقنوي على القياسات الميدانية من خلال: مصائد التناثر، وصندوق الرواسب، في حين كان الهدف من هذا البحث هو تحديد أهم الخصائص الفيزيائية، والكيميائية للتربة التي تلعب دورا مهما في كمية انجراف التربة -الذي من خلاله- تم اشتقاق العوامل التي تكثفت حولها المتغيرات من خلال إطار التباين ما بين الوحدات الجيومورفولوجية المعرضة للتعرية، وأهم العوامل التي أثرت على كمية انجراف التربة فيها.

فمن خلال التحليل العاملي تكثفت المتغيرات حول ست مجموعات، كان أضعفها العامل السادس، الذي لم يفسر إلا 5.6% من قيمة التباين المفسر، وأكثرها ارتباطا هو العامل الأول الذي فسر ما نسبته 32.7% من قيمة التباين المفسر الذي يوضحه جدول (8).

جدول (8): التباين المفسر لمنغبرات العوامل

العامل	مربعات تشبعات العوامل	نسبة التباين المفسر (%)	نسبة التراكم (%)
الأول	7.54	32.79	32.79
الثاني	5.86	25.51	58.317
الثالث	3.78	16.44	74.76
الرابع	2.40	10.446	85.211

فمن خلال هذا الجدول، نجد أن العامل الأول قد فسر ما نسبته 32.79 % من التباين، حيث تكثفت حول هذا العامل والذي أطلق عليه العامل الكيميائي للتربة، المتغيرات الآتية: أكسيد البوتاسيوم (0.986)، ورطوبة التربة (0.940)، وأكسيد الألومنيوم (0.935)، وأكسيد المغنيسيوم (-0.829)، وأكسيد المنغنيز (0.655).

أما العامل الثاني الذي أطلق عليه لدونة التربه، فقد فسر ما نسبته 25.51% من إجمالي التباين المفسر، حيث تكثفت حوله متغيرات: لدونة التربة (0.904)، ونسبة الطين في التربة (0.899)، ومعامل اللدونة (0.708)، والسيولة (0.709)، وأكسيد الكالسيوم (-0.701).

أما العامل الثالث الذي أطلق عليه العامل المورفولوجي، فقد فسّر ما نسبته 16.6% وتضمن متغيرات: الجيولوجية (0.930)، وشكل السفح (0.825)، وأكسيد التيتانيوم (0.759)، والانحدار (-0.713).

بينما فسر العامل الرابع الذي تضمن ثلاثة متغيرات هي: نسبة السلت (0.857)، ونسبة الرمل (-0.788)، وثاني أكسيد الكبريت (0.700). ما نسبته 10.4%، لذلك أطلق علية عامل نسيج التربة.

ومن خلال هذه العمليات الإحصائية التي تقيس ارتباط الحالة، والعوامل التابعة لها للكشف عن التباين بين المتغيرات التابعة في المصفوفة، وبين العامل المستقل، وهو انجراف التربة، من خلال القيم الموجبة ذات الارتباط الوثيق بين المتغير المستقل، والمتغيرات التابعة التي اشتقت منها العوامل، وبين القيم السالبة ذات الارتباط السلبي، وبين المتغير المستقل، والمتغيرات التابعة؛ ففي حين نجد على سبيل المثال: أن أكسيد البوتاسيوم (0.986)، ورطوبة التربة (0.940)،

وأكسيد الألومنيوم (0.935) ارتبطت بشكل إيجابي في التربة المتناثرة، نجد في المقابل أن أكسيد المغنيسيوم (-0.829) ارتبط بشكل سلبي في عمليات تناثر التربة؛ لأن المغنيسيوم على سبيل المثال، يقوم بربط جزيئات التربة، وتصبح أكثر التصاقاً مع كتلة التربة، ومن ثمّ أقل قابليه على الانجراف.

التوصيات

بناءً على نتائج الدراسة توصل البحث إلى عدة توصيات أهمها:

1- إعادة تاهيل المنطقة الزراعية على جانبي وادي الحسا من خلال إدخال التقنيات الهندسية الزراعية، كزيادة التربة المغطاة ببقايا المزروعات (التغطية بالقش مثلا)، وتقليل طول السفوح المنحدرة باستخدام المصاطب الحجرية، والزراعة الكنتورية، وتقنية زراعة الأثلام.

2- العمل على زراعة المناطق المحيطة بسد التنور بالنباتات والأشجار الحرجية للتقليل من انجراف التربة، وبالتالي تقليل كمية الإرسابات في جسم السد.

3- توعية أصحاب المزارع ومراقبتهم، والعمل على فحص التربة سنويا للتأكد من كمية المخصبات التي تضاف إلى التربة، وتنتقل مع مياه البزل، أو مياه الأمطار؛ لتستقر في جسم السد.

4- العمل على وقف الرعي حول المناطق القريبة من السد.

5- وضع أجهزة لقياس كمية الفيضانات.

6- العمل على تشجيع الأبحاث التطبيقية على هذه المنطقة الحيوية من مختلف الاختصاصات.

Soil Erosion in the Middle Catchments Area of Wadi Al-Hisa / Tafila

Ali Al-Shabatat, *Humanities and Social Sciences Department, Tafila Technical University, Tafila, Jordan.*

Mousa Gougazeh, *Natural Resources and Chemical Engineering Department, Tafila Technical University, Tafila, Jordan..*

Abstract

This research attempts to study soil erosion caused by rain splash and by runoff in the middle catchments area of Wadi Al-Hisa (Atnur Dam) for the rainfall seasons 2007-2008 / 2008-2009. To achieve this aim, we have chosen seven sites of field measurements.

According to this investigation, it can be concluded that soil erosion by splash erosion was estimated 0.53 tons/dunm/year, and the rate of erosion by runoff in the same study site estimated at 0.628 tons/dunm/year. These figures are less than the figures estimated by many previous studies which were conducted in the East of Jordan.

Factor analysis was used to determine the variables which explain the correlation effects in the soil erosion in wadi Al-Hisa catchments area. These factors are: soil chemistry, plasticity, morphology, and soil texture.

Keywords: soil erosion, runoff erosion, splash cups, factor analysis.

قدم البحث للنشر في 2011/10/30 وقبل في 2012/4/8

الهوامش:

(1) وزارة النقل، دائرة الارصاد الجوية،جداول غير منشورة، 2008-2009.

(2) Laflen,J.M. and Roose, E.J.,1997, Methodologies for Assessment of Soil Degradation Due to Water Erosion:In:Lai, R.,and Blum,W.H ,and Stewart,B.A.,Methods for Assessment of Soil Degradation ,Newyork,CRC press,pp.31-32.

(3) Al-Kharabsheh, A.,2004, Effect of rainfall and soil surface management on soil water budget and erosion in arid areas,Un.Pub.thesis, university of Jordan, Amman, Jordan,pp10.

(4) Laflen and Roose، مصدر سابق،ص32.

(5) Stocking ,M..A.,1988,Quantifying the On-site impact of soil erosion in: sanarn Rimwanich (E.d) Land conservation for future generations , Department of land Development , Bangkok pp.61-137.

(6) Farhan.Y., 1985, Aphoto Geomorphology Approach to Reconnainssance soil erosion Mapping and evaluation, A cause study from Central, Jordan Dirasat, University of Jordan, Jordan,vol.12, no.9 , pp 251-273.

(7) Macdonald & partners Ltd. , 1965,East Bank Water Resources, summary rept. Central Water Auth, Amman, pp28.

(8) Saleh, H. ,1971, Problems of water erosion in the East Bank of Jordan Valley, Faculty of Arts Journal, Jordan,pp.8.

(9) العنانزه، علي،1986،الناتج الرسوبي لحوض وادي كفرنجه، رسالة ماجستير غير منشوره، الجامعه الاردنية،عمان، الاردن.

(10) الدباس، اسماعيل،1994، قياسات انجراف التربه في مواقع مختاره من منطقة السلط، رسالة ماجستير غير منشوره، الجامعة الاردنية، عمان،ص62.

(11) الحمدان، عدلي،1996،انجراف التربة في منطقة الازرق في الاردن،رسالة ماجستير غير منشوره، الجامعة الاردنية، عمان،ص114.

(12) Farhan, Y.1985، مصدر سابق، ص251-273.

(13) Tansey K.J. , 2001, Investigating the potential for soil moisture and surface roughness monitiring in drylands using E.R.S.S.A.R data. International Journal of Remote sensing vol.22, no. 11, pp 2129-2149 .

(14) Lai, R. , Valintine, C. ,Blum, W.H. , And Stewart, B.A., 1997,. Methods for Assessmment of soil Degradation New York: CRC, Boca Raton, pp. 31-51.

(15) Al-kharabsheh,2004..10، مصدر سابق،ص

(16) Willimott.S.G., Gilchrist Shinlaw D.W., Smith, R.A.,Birch,B.P., 1963,The Wadi Al Hassa Survey , Jordan, Univ. of Durham , Durham, U.K,pp1-35.

(17) قطيش، مها، 2007، تقييم جيومورفولوجي للاراضي في حوض وادي الحسا جنوب الاردن، رسالة دكتوراة غير منشورة، الجامعة الاردنية، الاردن.

(18) Humphreys & partners Ltd. and C.E.C Consulting Engineering center,1994, the study and Design of Tannur Dam, part 1, summary Report.

(19) Morgan R.P.C. ,1986, Soil Erosion and Conservation, London:Longman.

(20) Bender, F. ,1974, Geology of Jordan, Belin: Gebrunder Borntager

(21) عابد،عبدالقادر،1982، جيولوجيه الأردن، ص 31

(22) Tarrwneh. B. , 1988,The Geology of Tafila , Bull 12, Amman, Jordan, , pp 1-49

(23) شحادة، نعمان، 1990، مناخ الاردن، عمان،دار البشر، ص120

(24) وزارة النقل،دائرة الارصاد الجوية، مصدر سابق

(25) Eisawi,D., 1996, Vegetation of jordan,Cairo UNESCO- Office.pp111-126

(26) مصدر سابق1986, .Morgan R.P.C

(27) الحمدان،1996،مصدر سابق،ص 45.

(28) وزارة النقل، دائرة الارصاد الجوية، تقارير غير منشورة، 1973-2008.

(29) ، مصدر سابق، ص251-273.1985.Farhan, Y

(30) عنانزة، مصدر سابق،ص 65-85.

(31) Battikhi, A.M., and Arabiat, S., 1983, Constraint to the successful Application of Modern Technology for soil conservation in Jordan Dirasat 10. (2), Part(1): Envir. Features and Event of Erosion, 5(2),pp155.

(32) McGregor, D.F.M., and Thompson, D.A. 1995,Geomorphology & Land Management In AChanging Enviroment. In: McGregor , D.F.M., and Thompson, D. A., Geomorphology and Land Management In Changing Enviroment:. New York: John Wiley, pp.3-11.

(33) مصدر سابق،ص 58،. McDonald,1965

(34) مصدر سابق، 1995 .. lai et al.

(35) مصدر سابق ,1986, .Morgan R.P.C

(36) Humphreys & partners Ltd. And C.E.C consulting Engineering center ، مصدر سابق ص1-19943

المصادر والمراجع العربية:

الحمدان، عدلي، 1996، **انجراف التربة في منطقة الازرق في الاردن**، رسالة ماجستير غير منشوره، الجامعة الاردنية، عمان.

الدباس، اسماعيل، 1994، **قياسات انجراف التربه في مواقع مختاره من منطقة السلط**، رسالة ماجستير غير منشوره، الجامعة الاردنية، عمان.

شحادة، نعمان، 1990، **مناخ الاردن**، عمان،دار البشر، ص120.

عابد، عبد القادر، 1982، **جيولوجية الاردن**. عمان: مكتبة النهضة الاسلامية، ص 31.

العنانزه، علي، 1986، **الناتج الرسوبي لحوض وادي كفرنجه**، رسالة ماجستير غير منشوره، الجامعه الاردنية،عمان، الاردن.

قطيش، مها، 2007، **تقييم جيومورفولوجي للاراضي في حوض وادي الحسا جنوب الاردن**، رسالة دكتوراة غير منشورة، الجامعة الاردنية، الاردن.

وزارة النقل، دائرة الارصاد الجوية، جداول غير منشورة، 1973-2008.

وزارة النقل، دائرة الارصاد الجوية، جداول غير منشورة، 2008-2009.

المصادر والمراجع الاجنبية:

Al-Kharabsheh, A.,2004**,** *Effect of rainfall and soil surface management on soil water budget and erosion in arid areas*, Un.Pub.thesis, university of Jordan, Amman, Jordan,pp10.

Battikhi, A.M., and Arabiat, S., 1983, Constraint to the successful Application of Modern Technology for soil conservation in Jordan Dirasat 10. (2), Part(1): *Envir. Features and Event of Erosion*, 5(2), pp155.

Bender, F. ,1974, *Geology of Jordan*, Belin: Gebrunder Borntager.

Eisawi,D., 1996, *Vegetation of jordan*, Cairo UNESCO- Office. pp111-126.

Farhan.Y**.,** 1985, Aphoto Geomorphology Approach to Reconnainssance soil erosion Mapping and evaluation, A cause study from Central, *Jordan Dirasat*, University of Jordan, Jordan numb.9 , pp 251-273.

Humphreys & partners Ltd. And C.E.C consulting Engineering center, 1994, *the study and Design of Tannur Dam*, part 1, summary Report.

Laflen, J.M, and Roose,E.J, 1997, *Methodologies for assesssment of soil Degradation Due to Water Erosion*:In:Lai,R.,and Blum, W.H., and Stewart , B.A.,Methods for Assessment of Soil Degradation,Newyork, CRC press,pp31-32.

Lai, R., Valintine, C., Blum, W.H. And Stewart, B.A., 1997, *Methods for Assessmment of soil Degradation New York***:** CRC, Boca Raton, pp. 31-51.

Macdonald & partners Ltd. **,** 1965, *East Bank Water Resources*, summary rept. Central Water Auth, Amman, pp28.

McGregor, D.F.M. and Thompson, D.A., 1995, *Geomorphology & Land Management In AChanging Enviroment*. In: McGregor, D.F.M., and Thompson, D. A., Geomorphology and Land Management In Changing Enviroment:. New York: John Wiley, pp.3-11.

Morgan R.P.C. ,1986, *Soil Erosion and Conservation*, London:Longman.

Saleh, H. ,1971, *Problems of water erosion in the East Bank of Jordan Valley*, Faculty of Arts Journal, Jordan.

Stocking ,M..A.,1988, *Quantifying the On-site impact of soil erosion*, in: sanarn Rimwanich (E.d) Land conservation for future generations, Department of land Development, Bangkok pp.61-137.

Tansey K.J. , 2001, Investigating the potential for soil moisture and surface roughness monitiring in drylands using E.R.S.S.A.R data. *International Journal of Remote sensing*, vol.22, no. 11, pp 2129-2149.

Tarrwneh. B. , 1988, *The Geology of Tafila* , Bull 12, Amman, Jordan, , pp 1-49.

Willimott.S.G., Gilchrist Shinlaw D.W., Smith, R.A.,Birch,B.P., 1963, *The Wadi Al Hassa Survey* , Jordan, Univ. of Durham , Durham, U.K,pp1-35.

ملحق(1) صورة فوتوغرافية لوادي الحسا تبين طبوغرافية المعقدة والتخلعات الارضية والنباتات البرية، وكميات الارسابات

ملحق (2) صورة فوتوغرافية توضح كميات انجراف التربة اثناء العاصفة المطرية في 2009/2/28.