Diyala Journal
for Human Research
Website:
djhr.uodiyala.edu.iq

مجلة ديالى
للبحوث الإنسانية

p ISSN: 2663-7405
e ISSN: 2789-6838

مجلة ديالى للبحوث الانسانية

العدد (107) المجلد (1) اذار 2026

تقييم مخاطر الشدات المطرية وتأثيرها على تعرية التربة في حوض وادي العوسج باستخدام الذكاء الصناعي

م.م مصطفى جاسم محمد ارزيج
مديرية تربية ديالى /ث شمس المعارف

Abstract

This study analyzes the relationship between rainfall intensities and the development of geomorphological hazards in Wadi Awsaj, located east of Diyala governorate, within a region characterized by sharp topography and elevation variations reaching 153.88 meters. The wadi is considered a fertile environment for phenomena such as sheet erosion and landslides due to the interplay of geological and climatic factors, particularly during periods of intense rainfall.

The study relied on digital data and spatial analyses using the Google Earth Engine platform for the period from 2014 to 2024. It utilized indices for erodibility (C-Factor), vegetation cover (NDVI), rainfall erosivity (R-Factor), soil texture and erodibility (K-Factor), and soil conservation practices (P-Factor) based on vegetation cover to measure the actual intensity of soil erosion.

The results of the R-Factor demonstrated a significant variation in annual rainfall amount, ranging from 101 mm in 2021 to 691 mm in 2018. This was reflected in the erosion severity, which ranged between "low" and "very dangerous," recording its highest value in 2018 (86.43 tons/ha/year). The study also showed that weak vegetation cover in certain years (such as 2015 and 2022) was associated with higher C-Factor values, which led to increased soil exposure to erosion.

The P-Factor map illustrated that moderate to high slopes contributed to reducing the effectiveness of soil conservation practices, while the K-Factor revealed variations in soil resistance to erosion based on its nature, with sandy soils recording the highest erodibility (K=0.05).

The study concluded that high rainfall intensities, coupled with a decrease in vegetation cover and steep slopes, directly contribute to the activation of dangerous geomorphological processes.

The research recommends the necessity of regularly monitoring climatic and geomorphological changes and implementing effective land management strategies, such as enhancing vegetation cover and soil stabilization in critical areas

Email: jasm63320@gmail.com

Published: 1- 3-2026

Keywords:

هذه مقالة وصول مفتوح بموجب ترخيص
CC BY 4.0
(http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

الملخص

تتناول هذه الدراسة تحليل العلاقة بين الشدات المطرية وتطور المخاطر الجيومورفية في وادي عوسج، الواقع شرق محافظة ديالى، ضمن منطقة تتميز بتضاريس حادة وتباين ارتفاعات يصل إلى 153.88 مترًا. يُعد هذا الوادي بيئة خصبة لظواهر مثل الانجرافات السطحية والانهيارات الأرضية نتيجة لتفاعل العوامل الجيولوجية والمناخية، خاصة خلال فترات الأمطار الشديدة

واعتمدت الدراسة على البيانات الرقمية وتحليلات مكانية عبر منصة (Google Earth Engine)للفترة من (2014 – 2024) باستخدام مؤشرات قابلية تأكل (معامل C) و الغطاء النباتي (NDVI)(الشدات المطرية R) ومعامل (K) نسيج التربة ودرجة التاكل ،مع ممارسة الحفاظ على التربة (P) حسب الغطاء النباتي إلى قياس فعلية لشدة انجراف التربة.

وأظهرت نتائج معامل R 3–تباينًا كبيرًا في كمية الأمطار السنوية، ما بين 101 ملم في 2021 إلى 691 ملم في 2018، وانعكس ذلك على شدة الانجراف التي تراوحت بين "ضعيف" و"خطر جدًا"، مسجلة أعلى قيمة في عام 2018 (86.43 طن/هـ/سنة). كما بيّنت الدراسة أن ضعف الغطاء النباتي في سنوات معينة (مثل 2015 و2022) رافقه ارتفاع في قيم معاملC ، مما أدى إلى زيادة تعرض التربة للانجراف.

وأوضحت خريطة معامل P أن الانحدارات المتوسطة إلى العالية ساهمت في تقليل فعالية ممارسات الحفاظ على التربة، بينما أظهر معامل K تفاوتًا في مقاومة التربة للتآكل تبعًا لطبيعتها، حيث سجلت الترب الرملية أعلى قابلية للتآكل.(K=0.05)

وخلصت الدراسة إلى أن الشدات المطرية العالية، المرتبطة بانخفاض الغطاء النباتي والانحدارات الشديدة، تساهم بشكل مباشر في تفعيل العمليات الجيومورفية الخطرة. وتوصي الدراسة بضرورة مراقبة التغيرات المناخية والجيومورفولوجية بشكل دوري، وتطبيق استراتيجيات فعالة لإدارة الأراضي، مثل تعزيز الغطاء النباتي وتثبيت التربة في المناطق الحرجة.

المقدمة

تشكل المخاطر الجيومورفيه الناتجة عن الشدات المطرية في وادي عوسج إحدى أبرز القضايا البيئية التي تهدد الاستقرار الطبيعي والبشري في المنطقة. ويُعد وادي عوسج، الواقع ضمن نطاق تضاريسي متنوع، بيئة خصبة لتطور الظواهر الجيومورفيه مثل الانجرافات الأرضية، والانهيارات الصخرية، والتعرية الشديدة للتربة، نتيجة للتفاعل المعقد بين البنية الجيولوجية والانحدارات الحادة وشدة الأمطار المتقطعة والعنيفة. وتؤدي هذه الشدات المطرية إلى ارتفاع حجم الجريان السطحي بشكل

مفاجئ، مما يزيد من قدرة المياه على النحت والنقل، مسببًا تغيرات سريعة في شكل السطح وتدهوراً في الغطاء النباتي والتربة. ومن هنا تبرز أهمية دراسة هذه المخاطر وتحليل آثارها بغية فهم ديناميكيتها، والتخطيط لإجراءات وقائية فعّالة تقلل من تأثيرها السلبي على الإنسان والبيئة.

1- المشكلة

يُعد وادي عوسج منطقة معرضة لتطور المخاطر الجيومورفية الناتجة عن الشدات المطرية، والتي تتجلى في مظاهر التعرية والانهيارات الأرضية وتغيرات مفاجئة في شكل السطح. ورغم تكرار هذه الظواهر، إلا أن هناك نقصًا في الدراسات التي ترصد وتحلل علاقتها بالخصائص المناخية والجيومورفولوجية للمنطقة. وهذا يثير تساؤلًا رئيسيًا:ما مدى تأثير الشدات المطرية على تفعيل المخاطر الجيومورفية في وادي عوسج؟

2- الفرضية:

تُسهم الشدات المطرية العالية في وادي عوسج بشكل مباشر في تنشيط العمليات الجيومورفية الخطرة، مثل الانجرافات السطحية والانهيارات الأرضية، وذلك نتيجة لتضاريس المنطقة الحادة وضعف مقاومة التربة للعوامل المناخية.

3- أهمية الدراسة:

تبرز أهمية هذه الدراسة في كونها تسلط الضوء على علاقة العوامل المناخية بالعمليات الجيومورفية في بيئة وادي عوسج، مما يُمكّن الجهات المختصة من فهم المخاطر المستقبلية واتخاذ التدابير الوقائية المناسبة للحد من آثارها على السكان والبنية التحتية والموارد الطبيعية.

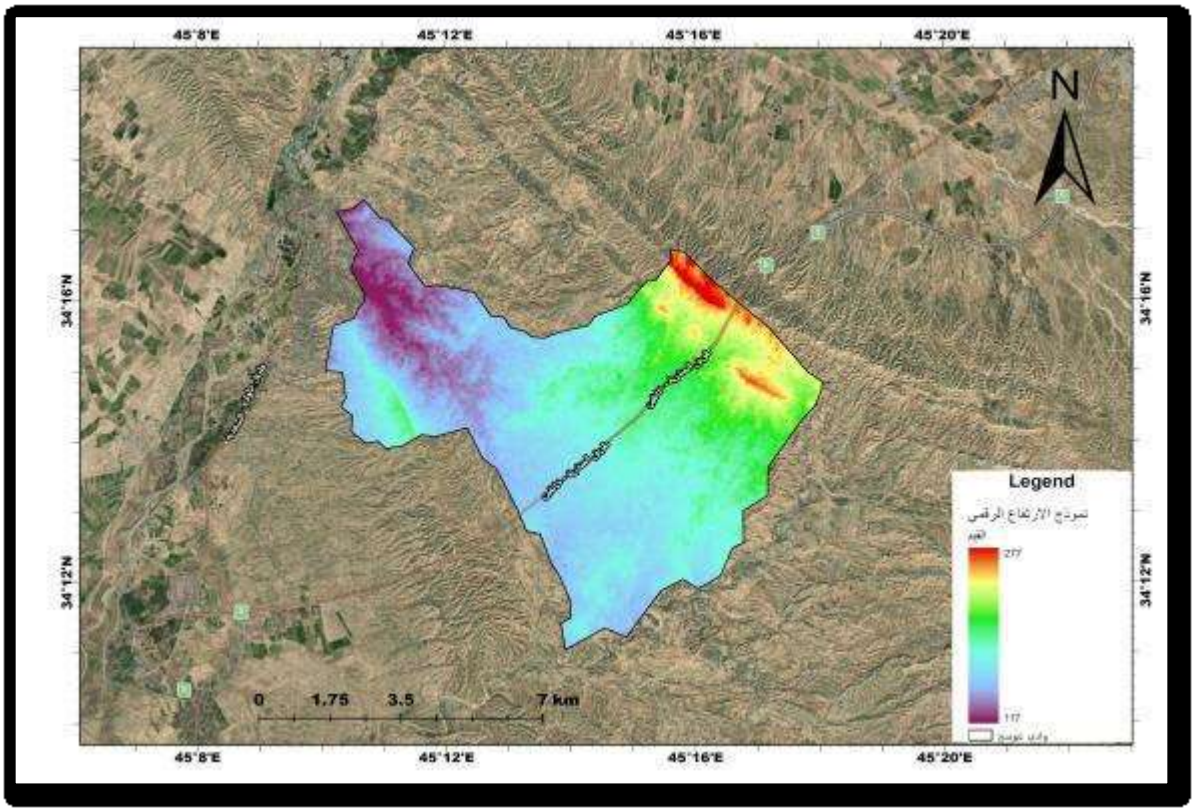
4-هدف الدراسة:

تهدف الدراسة إلى تحليل العلاقة بين الشداة المطرية والمخاطر الجيومورفية في وادي عوسج من خلال تحديد الأنماط المطرية المؤثرة، ورصد التغيرات المورفولوجية الناتجة عنها، واقتراح استراتيجيات للتقليل من حدة هذه المخاطر.

5-منطقة الدراسة:

يقع وادي العوسج في الناحية الشرقية من محافظة ديالى، ويمتد مابين قضاء خانقين وصولًا إلى جنوب ناحية جلولاء .يعد الوادي من المظاهر المورفولوجية البارزة في المنطقة، الذي يقع عند الاحداثيات (45,23 – 34,24) كما يبين الشكل (1) طبيعة ارتفاع المنطقة عن مستوى سطح البحر ،إذ يقع الوادي على ارتفاع (123.495 م – 277.376 م) ، إذ يشكل تبين في الارتفاع يبلغ (153.881 م) يساعد ذلك على انجراف لتربة عند حدوث التساقط المطري فضلاً عن حركة مواد السطح لفعل عامل الانحدار.

خريطة (1) وادي عوسج



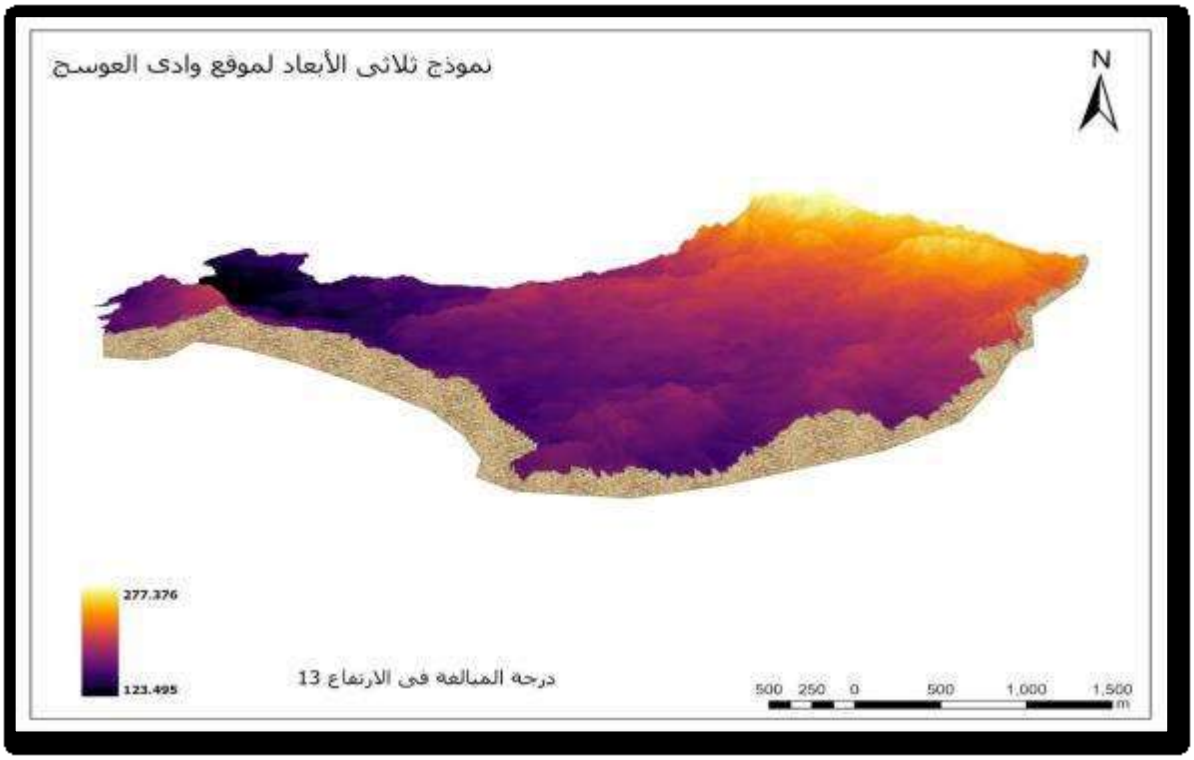
المصدر: الباحث بالاعتماد على برنامج (Arc gis pro) ونموج الارتفاع الرقمي بدقة (30م).

اعتمدت الدراسة على تحليل بيانات من الفترة (2014–2024) تضمنت:

1. **معامل R** الشدات المطرية
2. **مؤشر NDVI الغطاء النباتي**
3. **معامل C قابلية التآكل حسب الغطاء النباتي**
4. **معامل P ممارسات الحفاظ على التربة**
5. **معامل K قابلية التربة للتآكل**

إضافة إلى تحليل شدة الانجراف بوحدة (طن/هـ/سنة) وتصنيفها من ضعيف إلى خطر جدًا.

الشكل (1) نموذج ثلاثي الابعاد لتضاريس وادي عوسج



المصدر: المصدر: الباحث بالاعتماد على برنامج (Arc gis pro) ونموج الارتفاع الرقمي بدقة (30م).

1. معامل (R) التساقط المطري

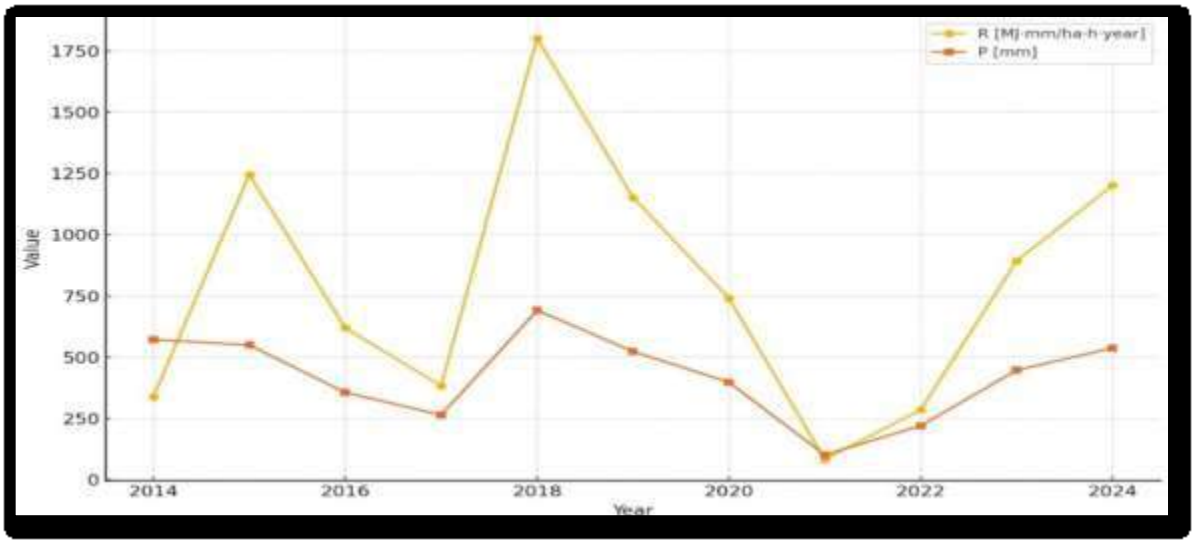
البيانات في الجدول (1) تُظهر تباينًا واسعًا بين كميات التساقط المطري لوادي عوسج من (101 إلى 691 ملم)، مما يدل على وجود سنوات جفاف وسنوات رطبة متعاقبة

الجدول(1) التساقط المطر مع مقدار درجة تأكل التربة

السنة	R (ميغاجول × ملم × هكتار⁻¹ × ساعة⁻¹ × سنة⁻¹)	التساقط المطري (ملم)
2014	338.746	571.536
2015	1245.71	549.595
2016	619.118	355.996
2017	382.979	264.168
2018	1802.12	691.274
2019	1152	523.536
2020	740.04	397.713
2021	82.323	101.669
2022	285.509	220.117
2023	893.524	447.105
2024	1201.42	537.376

المصدر : مخرجات منصة (Google Earth Engine)

الشكل (2) مؤشر التساقط المطري ودرجة التأكل لمعامل (R)



المصدر: الجدول (1)

2. معامل (C) ومعامل (NDVI) تحليل بيانات لوادي عوسج (2014 – 2024)

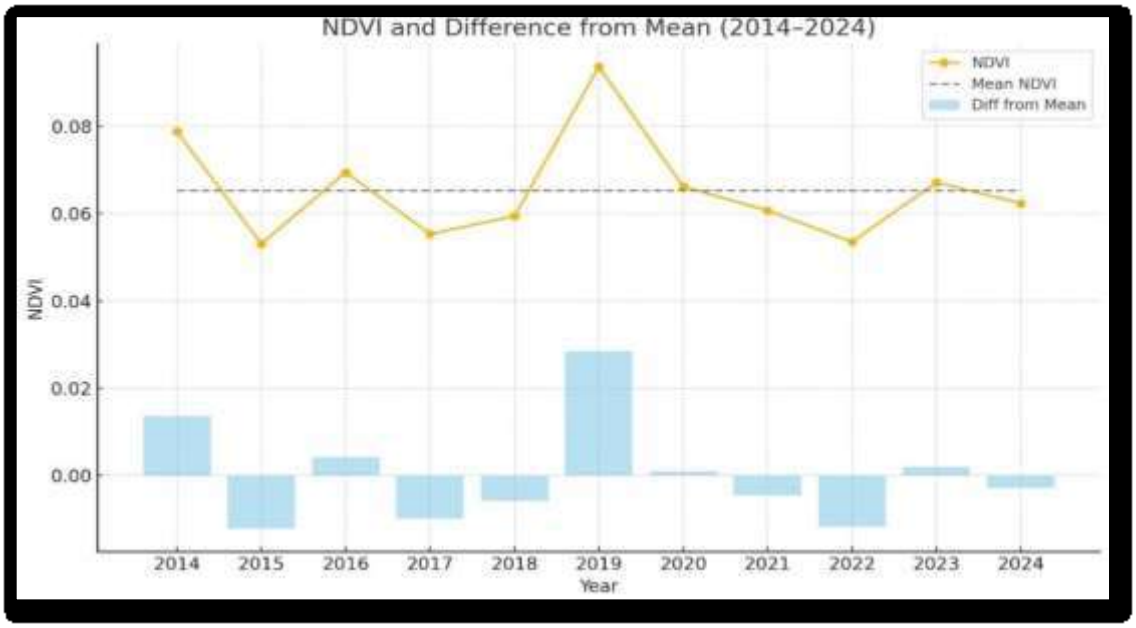
يُظهر الجدول تطوّر مؤشر الغطاء النباتي NDVI في وادي عوسج خلال شهر يوليو على مدى أحد عشر عامًا .مؤشر NDVI يعكس حالة الغطاء النباتي، حيث تشير القيم الأعلى إلى غطاء نباتي أكثر كثافة وصحة، بينما تشير القيم المنخفضة إلى تراجع أو ضعف في الغطاء النباتي.

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED}$$

-المتوسط العام لقيم NDVI خلال الفترة هو.0.06527

1. أعلى قيمة NDVI سُجّلت في عام(0.09371) 2019 ، مما يشير إلى ظروف بيئية جيدة أو وفرة في الغطاء النباتي خلال ذلك العام والعام الذي سبقه حيث من خلال متابعة بيانات الامطار نلاحظ زيادة كميات الامطار في عام 2018 وهذا ما يوثر على زيادة الغطاء النباتي.
2. أدنى قيمة NDVI كانت في عام(0.05311) 2015 ، ما قد يدل على جفاف أو تدهور بيئي نسبي في تلك الفترة.
3. سنوات مثل2014، 2016، 2019، 2020 ، 2023 شهدت قيمًا أعلى من المتوسط، مما يُحتمل أن تكون فترات نمو نباتي أفضل.
4. بالمقابل، السنوات2015، 2017، 2018، 2021، 2022 ، 2024 شهدت قيمًا أدنى من المتوسط، ما قد يدل على ظروف بيئية أقل ملاءمة

الشكل (3) مؤشر الغطاء النباتي (NDVI) (2014- 2020)



المصدر : جدول (2)

جدول (2) تغير الغطاء النباتي في وادي عوسج (2014 – 2024)

السنة	NDVI	متوسط NDVI	الفرق عن المتوسط
2014	0.07882	0.06527	0.01355
2015	0.05311	0.06527	-0.01216
2016	0.0695	0.06527	0.00423
2017	0.05537	0.06527	-0.0099
2018	0.05946	0.06527	-0.00581
2019	0.09371	0.06527	0.02844
2020	0.06622	0.06527	0.00095
2021	0.06073	0.06527	-0.00454
2022	0.05355	0.06527	-0.01172
2023	0.06718	0.06527	0.00191
2024	0.06243	0.06527	-0.00284

المصدر : مخرجات منصة (Google Earth Engine)

تم حساب عامل C من خلال العلاقة التالية:

$$C\text{–Factor} = \frac{-NDVI+1}{2}$$

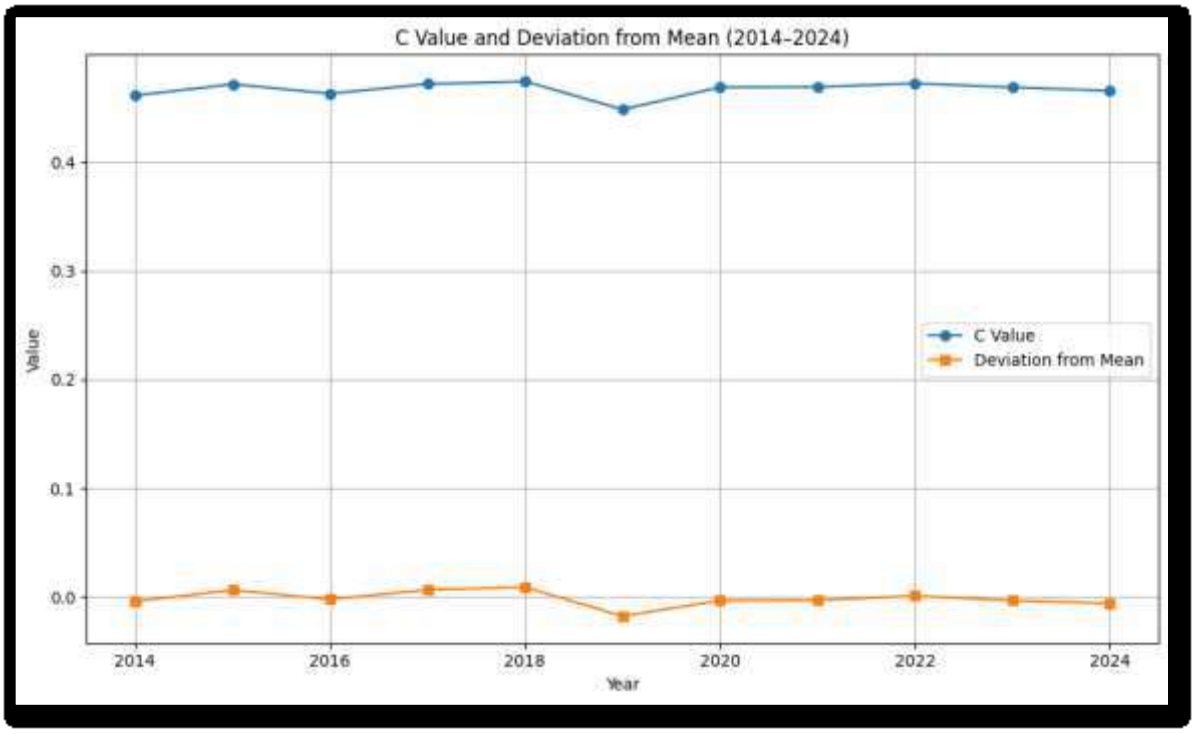
تعكس هذه المعادلة العلاقة العكسية بين كثافة الغطاء النباتي ممثلاً بمؤشر (NDVI) وقابلية التربة للتآكل، حيث كلما زادت كثافة الغطاء النباتي قلت قيمة عامل C وبالتالي انخفضت معدلات تآكل التربة كما مبين في الجدول (3) والشكل(4) ادنى قيمة لتأكل التربة هي في عام 2019 يعود ذلك لزيادة الغطاء النباتي نتيجة الزيادة في كمية التساقط المطري.

الجدول (3) قيم معامل (C) لوادي عوسج (2014–2024)

السنة	معامل C	الانحراف عن المتوسط
2014	0.4614	-0.0042
2015	0.4718	0.0062
2016	0.4631	-0.0023
2017	0.4719	0.0064
2018	0.4743	0.0088
2019	0.4485	-0.0178
2020	0.4689	-0.0035
2021	0.4692	-0.0032
2022	0.4725	0.0009
2023	0.4689	-0.0035
2024	0.4657	-0.0061

المصدر : مخرجات منصة (Google Earth Engine)

الشكل (4)مؤشر (معامل C)



المصدر: الجدول (3)

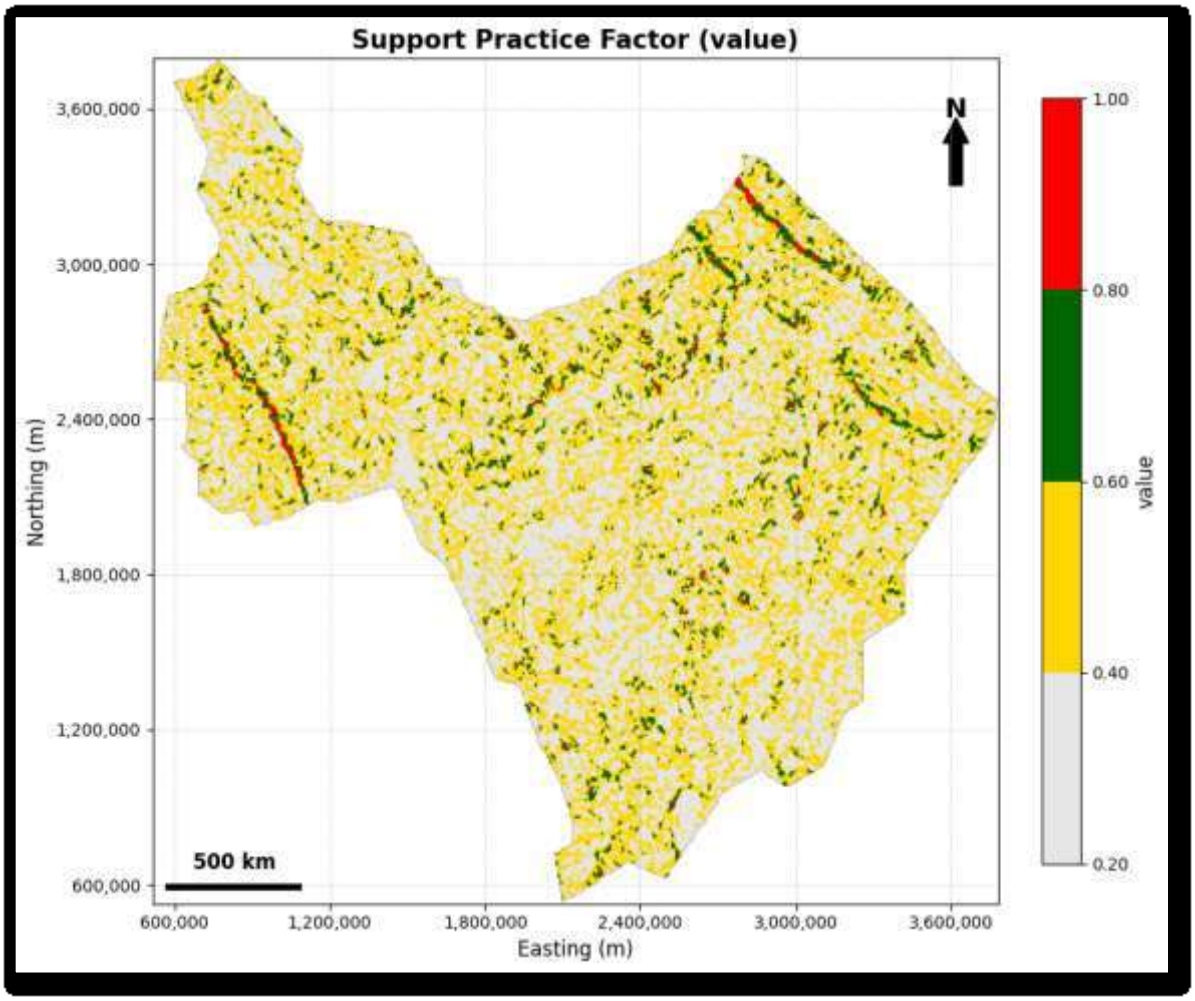
4.معامل p

يمثل عامل P في نموذج RUSLE تأثير ممارسات الحفاظ على التربة في تقليل معدلات التآكل. تم حساب هذا العامل بناءً على نسبة الانحدار وفق المعادلة التالية:

$$P\ Factor = 0.2 + (0.03 \times Slope\%)$$

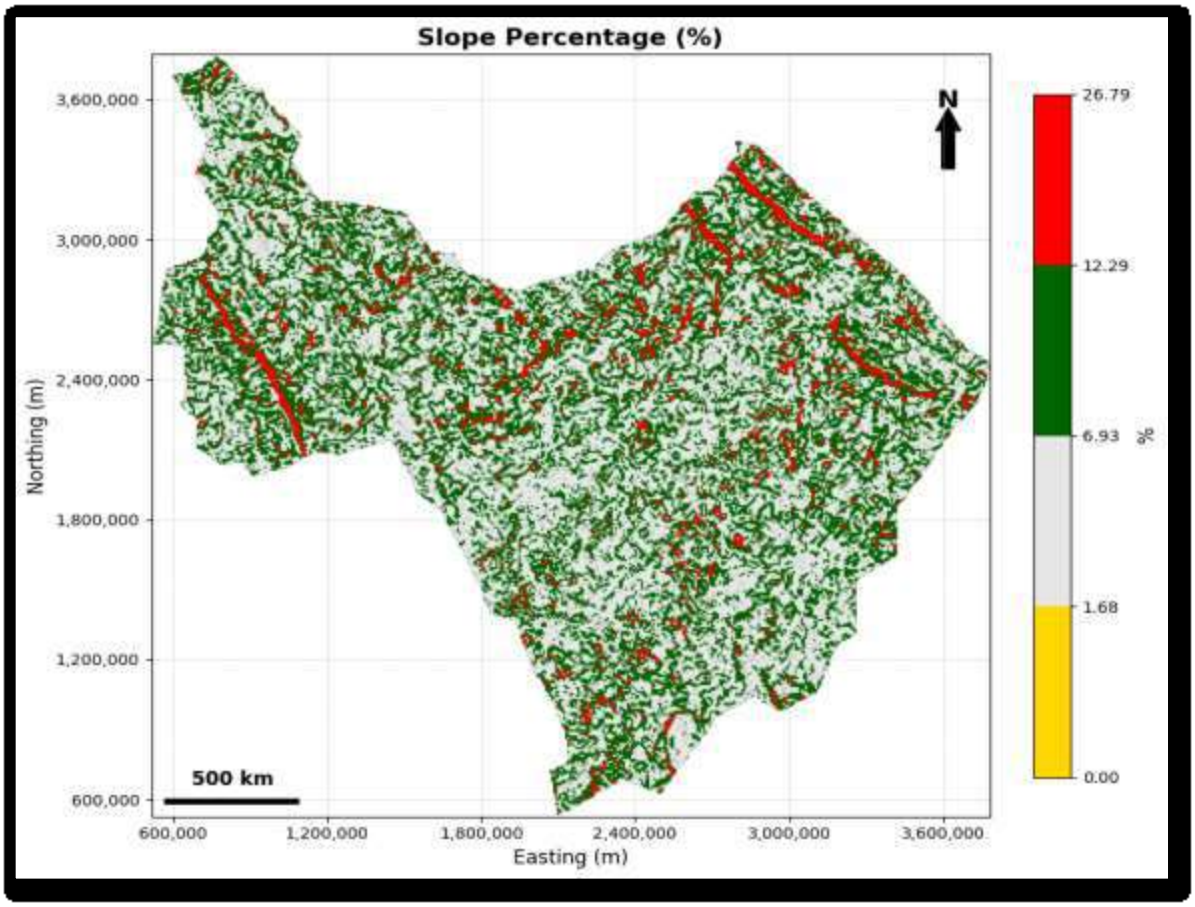
تعكس هذه المعادلة العلاقة بين درجة الانحدار وفعالية ممارسات الحفاظ على التربة، حيث تقل فعالية هذه الممارسات عادة مع زيادة الانحدار. تتراوح قيم عامل P بين (0,20 – 1) حيث تشير القيم المنخفضة إلى استقرار في انجراف التربة في وادي عوسج ، أما القيم من (0,50 – 1) تمثل مناطق حرجة تشهد انجرافات كبير نتيجة عامل الانحدار وقلة ممارسات الحفاظ على التربة، إذ تبين الخريطة (2) لدرجة انحدار الوادي تنحصر مابين (صفر – 26.79%) وهي مناطق ذات انحدار متوسط تساعد على انجراف التربة بشكل كبير مع توافر كميات التساقط المطري .

خريطة (2) معامل (P)



المصدر : منصة (Google Eanrth Engine)

خريطة (3) الانحدار النسبي لوادي عوسج



المصدر : منصة (Google Eanrth Engine)

5.معامل k

معامل قابلية التربة للتآكل (K–factor) هو أحد عناصر نموذج التنبؤ بتآكل التربة (مثل RUSLE/USLE)، ويُعبّر عن مدى قابلية التربة نفسها للتآكل نتيجة العوامل الطبيعية مثل المطر والانحدار، دون اعتبار للعوامل الأخرى كالغطاء النباتي أو إدارة الأراضي.

النوع K التحليل النوعي

1. تربة (6) قيمة (k) (0.0264)قابلية تآكل منخفضة – التربة في هذا النوع أكثر مقاومة للتآكل. غالبًا تحتوي على مكونات طينية أو مواد عضوية جيدة، أو تماسك أعلى.
2. تربة (7) قيمة (k) (0.0394) قابلية تآكل متوسطة – تربة معتدلة التماسك، وقد تكون مختلطة بين الرمل والطين.
3. تربة (9)قيمة (k) (0.05)قابلية تآكل مرتفعة – هذه التربة أكثر عرضة للتآكل. ربما تكون خفيفة أو رملية أو ذات تماسك ضعيف، أو فيها انحدار كبير.

الجدول (4)معامل (k)

النوع	معامل(K) التآكل التربة	الوصف	قابلية التآكل
6	0.0264	تربة مقاومة نسبيًا للتآكل، غالبًا طينية أو طميية سميكة	منخفضة
7	0.0394	تربة معتدلة القابلية للتآكل، قد تكون طميية أو طينية رملية	متوسطة
9	0.05	تربة سهلة التآكل، غالبًا خفيفة أو رملية ذات تماسك ضعيف	عالية

المصدر : مخرجات منصة (Google Earth Engine)

ثانيًا: يتبين من الجدول التحليل التوزيع الزمني لشدة انجراف التربة

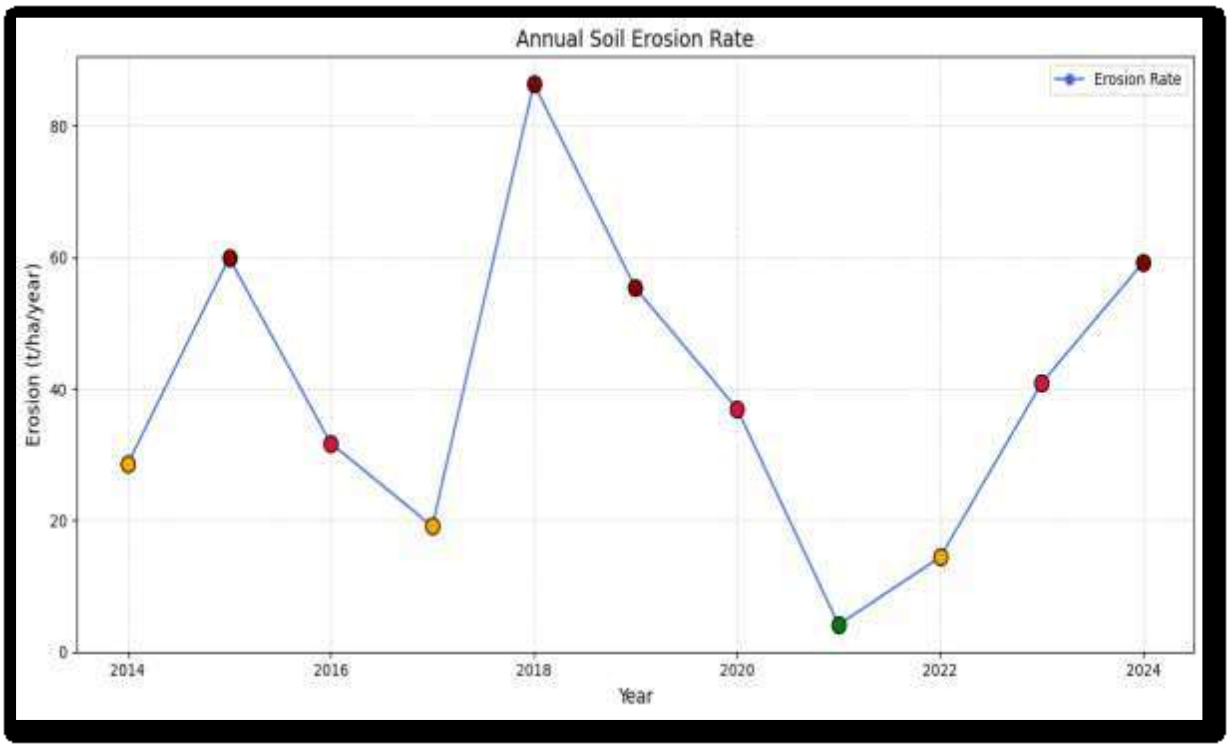
خلال السنوات من (2014 إلى 2016) شدة الانجراف تتراوح بين "متوسط" و"مرتفع"، مع ظهور أول حالة "خطر جدًا" في 2015.هذه الفترة تشير إلى بداية تصاعد في معدلات الانجراف في وادي عوسج2017 إلى 2019:تفاوت واضح، حيث انخفضت الشدة في 2017 إلى "متوسط" ثم ارتفعت إلى "خطر جدًا" في 2018 ، إذ سجل أعلى قيمة انجراف (86.4289 طن/هـ/سنة)، مما قد يدل على ظروف مناخية قاسية (أمطار غزيرة، جفاف سابق... إلخ) أو سوء في إدارة الأراضي. ومن عام 2020 إلى 2021:عام 2020 شهد ارتفاعًا (مرتفع)، ثم حدث انخفاض ملحوظ في 2021 إلى أدنى قيمة (4.1058 طن/هـ/سنة) ودرجة "ضعيف."هذا الانخفاض قد يعكس تدخلات ناجحة في إدارة التربة أو ظروف مناخية ملائمة قللت من الانجراف. في حين شهد عام (2022– 2024) ارتفعت الشدة مجددًا من "متوسط" إلى "خطر جدًا"، إذ بلغت القيم 59.2447 في 2024. هذا يشير إلى عودة المشكلة، ربما نتيجة غياب استمرارية الحلول أو تغيرات مناخية مفاجئة. ويبين الجدول كذلك خطورة الانجراف من خلال تكرار ظهور درجة "خطر جدًا" (أربع مرات) يشير إلى خطر بيئي مستمر أو متكرر.التفاوت الحاد في الشدة (من 4.1 إلى 86.4 طن/هـ/سنة) يعني أن المنطقة غير مستقرة بيئيًا، وقد تتأثر بعوامل خارجية (موسمية، مناخية، أو بشرية) كما في الجدول(5)

الجدول (5) التغير في شدة انجراف التربة في وادي عوسج(2014 – 2024)

السنة	(سنة/هـ/طن) الانجراف	درجة شدة الانجراف
2014	28.5207	متوسط
2015	59.9147	جدًا خطر
2016	31.7385	مرتفع
2017	19.0919	متوسط
2018	86.4289	جدًا خطر
2019	55.3472	جدًا خطر
2020	37.0059	مرتفع
2021	4.1058	ضعيف
2022	14.3657	متوسط
2023	40.8893	مرتفع
2024	59.2447	جدًا خطر

المصدر : مخرجات منصة (Google Earth Engine)

الشكل (5) مؤشر شدة انجراف التربة في وادي عوسج (2014 – 2024)



المصدر: الجدول (5)

الدراسة الميدانية

لا تخلو أي دراسة جيومرفولوجية من الدراسة الميدانية للتحقق من صدق الفرضيات ومشاهدة الظواهر في ارض الواقع يجعل الحقيقة اكثر وضوحا ومن خلال الدراسة الميدانية بين ان حوض الوادي يتصف بتربة مفككة وعارية من الغطاء النباتي الا بعض النباتات الموسمية التي تنمو موسم الامطار ما ان تتلاشى في موسم الجفاف الذي يستمر الأكثر من خمسة اشهر كان عامل مهم في زيادة تفكك التربة وتعرضها لعمليات التعرية وهذا ما جعلها صيدا سهلا للسيول الجارفة في موسم الامطار حيث التطرف الكبير في مناخ المنطقة واقتصار سقوط الامطار على موسم واحد جعل عملية الانجراف لتربة الوادي كبيرة حيث التفكك في موسم الجفاف والانجراف في موسم المطر مع قلة الغطاء النباتي

مع عامل الانحدار الذي يزيد من سرعة المياه فتزداد قوة التعرية مسبب تراكم الراوسب في اسفل الوادي في منطقة جلولاء وعدم استيعاب الوادي للسيول الجاف مخلف مخاطر الفيضان على المنطقة الواقعة بجوار الوادي ناهيك عن التجاوزات الكبيرة على الوادي التي قلصت من عرض المجرى ومدى استيعابه للمياه جميع تلك العوامل أدت الى خطر الفيضانات للوادي في موسم المطر مخلفا الكثير من الخسائر المادية قبل المصب الصور ادنى توضح خصائص التربة في الوادي والتجاوزات على الوادي في منطقة جلولاء.

صور(1) توضح قلة الغطاء النباتي في الوادي واقتصاره على النباتات الموسمية.

المصدر دراسة ميدانية بتاريخ (19-5-2025)

صورة(2) تفكك التربة بسبب الجفاف(19-5-2025)

صورة(3) التجاوزات على حوض الوادي في مدينة جلولاء

المصدر: دراسة ميدانية بتاريخ 19-5-2025

الاستنتاجات

1- تتناول هذه الدراسة تحليل العلاقة بين الشدات المطرية وتطور المخاطر الجيومورفية في وادي عوسج، الواقع شرق محافظة ديالى، ضمن منطقة تتميز بتضاريس حادة وتباين ارتفاعات يصل إلى 153.88 مترًا. يُعد هذا الوادي بيئة خصبة لظواهر مثل الانجرافات السطحية والانهيارات الأرضية نتيجة لتفاعل العوامل الجيولوجية والمناخية، خاصة خلال فترات الأمطار الشديدة

2- اعتمدت الدراسة على البيانات الرقمية وتحليلات مكانية عبر منصة (Google Earth Engine)للفترة من (2014 - 2024) باستخدام مؤشرات قابلية تأكل (معامل C) و الغطاء النباتي (NDVI)(الشدات المطرية R) ومعامل (K) نسيج التربة ودرجة التاكل ،مع ممارسة الحفاظ على التربة (P) حسب الغطاء النباتي إلى قياس فعلية لشدة انجراف التربة.

3-أظهرت نتائج معامل R 3-تباينًا كبيرًا في كمية الأمطار السنوية، ما بين 101 ملم في 2021 إلى 691 ملم في 2018، وانعكس ذلك على شدة الانجراف التي تراوحت بين "ضعيف" و"خطر جدًا"، مسجلة أعلى قيمة في عام 2018 (86.43 طن/هـ/سنة). كما بيّنت الدراسة أن ضعف الغطاء النباتي في سنوات معينة (مثل 2015 و2022) رافقه ارتفاع في قيم معاملC ، مما أدى إلى زيادة تعرض التربة للانجراف.

4-أوضحت خريطة معامل P أن الانحدارات المتوسطة إلى العالية ساهمت في تقليل فعالية ممارسات الحفاظ على التربة، بينما أظهر معامل K تفاوتًا في مقاومة التربة للتآكل تبعًا لطبيعتها، حيث سجلت الترب الرملية أعلى قابلية للتآكل.(K=0.05)

5-خلصت الدراسة إلى أن الشدات المطرية العالية، المرتبطة بانخفاض الغطاء النباتي والانحدارات الشديدة، تساهم بشكل مباشر في تفعيل العمليات الجيومورفية الخطرة. وتوصي الدراسة بضرورة مراقبة التغيرات المناخية والجيومورفولوجية بشكل دوري، وتطبيق استراتيجيات فعالة لإدارة الأراضي، مثل تعزيز الغطاء النباتي وتثبيت التربة في المناطق الحرجة.

المصادر

1-Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., Yu, B., Klik, A., Lim, K. J., ... & Alewell, C. (2017). Global rainfall erosivity assessment based on high-temporal resolution rainfall records. Scientific Reports, 7, 4175.

2-Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sensing of Environment, 8(2), 127–150.

3-Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of Environment, 202, 18–27.

4-Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., McCool, D. K., & Yoder, D. C. (1997). Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). USDA Agriculture Handbook No. 703.