جيومورفولوجية البيئات الجافة وأثرها على حصاد المياه بمحلية الفاشر- السودان

عبدالمنعم أحمد أدم عبدالله[١] ، أمير حسن عبدالله محمد[٢]

[١] محاضر- بقسم الجغرافيا- كلية التربية – جامعة شندي - abmaa705@gmail.com

[٢] استاذ مشارك – قسم الجغرافيا - كلية الاداب – جامعة ام درمان الإسلامية - ah184012@oiu.edu.sd

المستخلص

تناول هذا البحث جيومورفولوجية البيئات الجافة وأثرها على حصاد المياه بمحلية الفاشر. وهدف البحث على دراسة المظاهر والعمليات الجيومورفولوجية، وتقييم أثرُها على السدود والحفائر بالمنطقة، والتحقق من صلاحية الموقع والموضع لتلك المشروعات، بالإضافة الى تحديد أفضل الأماكن الملائمة لحصاد المياه. وإستخدم البحث المنهج التاريخي، والكمي، الوصفي التحليلي، والمنهج السببي. بالإضافة إلي إستخدام برمجيات (ARC GIS 10.4) و (ARC HYDRO 10.4) في تحليل المرئيات الفضائية وإجراء الإشتقاقات الهيدرولوجية والنمذجة المكانية. بالإضافة لبرنامج (SPSS) لتحليل وعرض البيانات، والعمل الميداني. وتوصل البحث إلى عدة نتائج أهمها: أن منطقة الدراسة تنشط بها عملية التعرية الهوائية بلغ قيمتها (180°) حسب مؤشر (Chpeil) للتعرية. أما تأثير العوامل الهيدورمورفومترية على حصاد المياه بمنطقة الدراسة، فمن خلال دراسة مستجمع مياه سد قولو تبين أن الشكل الدائري للمستجمع مع إرتفاع نسبة تضرسه، عمل على تسريع وصول المياه والرواسب إلى الخزان من جميع المنابع. كما أوضح أن عملية الإطماء أفقد حوالى (٤٣,٧٪)من السعات التخزينية للحفائر، و حوالى (٧٩,٩٪) من السعات التخزينية للسدود. أما من جانب مطابقة الضوابط المكانية في إختيار مواقع السدود، فمن خلال دراسة سد أبوحلة كنموذج، فقد إتضح أن المياه تنحدر إلى الخزان بزاوية قدرها (71°) مما أدى إلي تدمير السد. كما أثبت البحث أن (٣,٢٪) فقط من منطقة الدراسة تمثل منطقة نموذجية لحصاد مياه الجريان السطحي، بينما (٤٩,٦٪) منها تمثل منطقة ملائمة متوسطة، فيما أن (٤٧,٢٪) من إجمالى المساحة تمثل منطقة غير ملائمة للحصاد. وأوصى البحث بضرورة إزالة الإطماء من خزانات السدود والحفائر. والإهتمام بالمعالجات الحيوية لوقف عمليات التعرية الريحية والمائية وإنهيال الرواسب تجاه السدود والحفائر. وكذلك ضرورة إنشاء العديد من الأحواض الترسيبية علي المجاري الرئيسية المؤدية إلى السدود للتقليل من كمية الطمي. وتفعيل الصيانات الدورية.

الكلمات المفتاحية: جيومورفولوجيا، البيئة، البيئات الجافة،المياه، حصاد المياه

Abstract

This research addressed the geomorphology of dry environments and its impact on water harvesting in El Fasher locality. The research objective was to study geomorphological aspects, processes and assess their impact on water harvesting projects, and to verify the validity of the location and the emplacement of these projects, especially dams and hafirs. The research applid a number of methods: historical, quantitative, descriptive, analytical, and causal approaches, as well as using (ARC GIS 10.5) and (ARC HYDRO 10.4) software to analyze Satellit images and conduct hydrological derivatives. In addition to using (SPSS) software to analyze and view the data. as well as using field work. the research has reached several results, the most important of which are: The study area is active by high wind erosion (180°)

according to Chpeil's indx. For presumption of erosion Dams and reservoirs were buried, and the sedimentaiton had a negative impact on water harvesting technologies, (43.7)% of the hafirs capacity was buried, and dams were the most affected by the sedimentaiton and collapse. The study also confirmed that there is a lack of consideration of spatial controls in the selection of dam sites: by studying the dam of Abu Nhala as one of the models, it was revealed that the water descends vertically to the reservoir at a sloping angle of (71°) which led to the destruction of the dam. The research also proved that only (3.2)% of the study area represents a typical area for harvesting runoff water, while (49.6)% of it represents a medium suitable area, where as (47.2)% of the total area represents an area not suitable for harvesting. The research came out with several recommendations, the most important of which are the importance of paying attention to the biological treatments to stop wind and water erosion operations and the collapse of sediments towards dams and excavations in addition to the natural witnesses. Main drains leading to dams to reduce the amount of silt deposits reaching the reservoirs and activating periodic maintenance.

Keywords: Geomorphology, Environment, Arid Environments, Water, Water Harvesting

المقدمة :

عادةً ما تعاني البيئات الجافة في أنحاء العالم المختلفة من قلة المياه. كما تعتبر مياه الأمطار من أكثر الموارد المائية أهميةً في تلك البيئات، علي الرغم من قلتها وموسمية هطولها. إذ يُعتمد عليها في الشرب والزراعة وسقي الحيوان وخاصةً في المناطق التي تفتقر للموارد المائية الدائمة الجريان ، كما هو الحال علي إمتداد الأراضي الواسعة في شرق السودان وغربه لاسيما منطقة الدراسة التي تعتبر إحدى المناطق الواقعة علي نطاق البيئات الجافة، حيث أن لمياه الأمطار التي تجري جرياناً سطحياً عقب هطولها الأهمية القصوى لتلبية حاجة السكان من المياه وتغذية الخزانات الجوفية، وعليه تعد عملية حصاد المياه مهمة لهذه المنطقة، مما يدفع الدراستها. ومن ناحية أخرى فإن المرتفعات الجبلية الشاهقة، و السهول المنبسطة التي تتخللها الأودية الموسمية والتربة المفككة، إلي جانب الكثبان الرملية، المستقرة منها والمتحركة، من أهم المظاهر الجيومورفولوجية لمحلية الفاشر. إذ تُعد للخصائص الجيولوجية والعوامل المناخية الأثر الفاعل في تشكيلها، وصياغة الأوضاع الهيدرولوجية للمنطقة. والمتمثلة في الأحواض المائية وتحديد مساحاتها، وشبكات التصريف المائي وتوجيه مساراتها، من خلال العلمليات الجيومورفولوجية المختلفة مما ينعكس كل ذلك علي عملية حصاد المياه. وعليه فإن الإلمام بهذه الجوانب تعتبر من أهم الأولويات التي ترتكزعليها إقامة مشروعات حصاد المياه وإختيار أفضل الأماكن المناسبة لها لضمان إستمراريتها وديمومتها.

مشكلة البحث :

تعتبر الرواسب الهوائية والمائية من أكثرالعمليات الجيومورفولوجية المؤثرة على السدود والحفائر. كما تعتبر الوحدات الجيومورفولوجية وخصائصها من أهم الضوابط التي تتحكم في إختيار مواقع إقامة المشروعات حصاد مياه الجريان السطحي بصورة عامة، ومشاريع السدود والحفائربصفة خاصة، لذا فإن إستمراريتها وديمومتها تتوقف على مدى مراعاة تلك الجوانب عند الإنشاء. ولذلك يعمل هذا البحث علي إبراز مدي أثر الجيومورفولوجيا علي عملية حصاد المياة بمنطقة الدراسة. ويمكن بلورة مشكلة الدراسة في التساؤلات الآتية :-

1- ما العمليات الجيومورفولوجية السائدة بمحلية الفاشر؟
2- هل يمكن تحديد الخصائص الهيدرومورفومترية للأودية بمنطقة الدراسة؟

3- ما أنواع مشاريع حصاد المياه في منطقة الدراسة ؟
4- ما المعايير العلمية المستخدمة في إختيار وتحديد مواقع حصاد مياه الجريان السطحي؟
5- ما أثر العوامل والعمليات الجيومورفولوجية علي حصاد المياه بمنطقة الدراسة؟

أهداف البحث:

١- دراسة هيدرومورفومترية أحواض التصريف وشبكات الأودية المائية بمنطقة الدراسة وتقييم أثرها على حصاد المياة.
٢- دراسة وتحليل المظاهر والعمليات الجيوموفولوجية وتقييم أثرها علي مشاريع حصاد المياه وتحديد المواقع الملائمة لعملية حصاد مياه الجريان السطحي بإستخدام (GIS).
٣- وضع التصورات المناسبة لمعاجة تلك التأثيرات من خلال النتائج والتوصيات والمقترحات.

فرضيات البحث:

١- تساعد الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة على حصاد مياه الجريان السطحي بصورة نموذجية وعلى مساحات واسعة .
٢- تعتبر عملية الإطماء من أكثر العوامل المؤثرة على الحفائر.

مصادر جمع البيانات :

١- المصادر الثانوية:

وتشمل المعلومات الخاصة بمجال البحث التي أخذها الباحثان من المراجع والكتب والتقارير والمنشورات والبحوث والدراسات السابقة والأوراق العلمية.

٢- المصادر الأولية :

لقد تم إستخدام عدة ادوات لجمع البيانات الأولية وهي:-

أ- المسح الطبوغرافي:

"المسح الطبوغرافي هو أحد وسائل الدراسة الميدانية التي يلجأ إليها الباحث للحصول علي بيانات التي لاتتوفر لديه عن ظاهرة أو منطقة لم يسبق مسحها" **(جودة وأخرون،١٩٩١،ص٨١)**.

ومن خلال العمل الميداني دون الباحثان العديد من الملاحظات حول الظاهرات، كما قاما بإلتقاط العديد من الصور الفتوغرافية، و تعتبر الصورة أبلغ و أوجز وسيلة لتوصل المعلومة التي تعجز الكتابة الوصفية التعبير عنها لعكس واقع المنطقة كما هو في الطبيعة.

ج- المقابلات الشخصية :

قام الباحثان بزيارات ميدانية تم خلالها مقابلة العديد من المسؤلين من ذوي الإختصاص بموضوع الدراسة وبعض القياديين ورموز المجتمع و كبار السن لاخذ المعلومات اللازمة لكتابة البحث.

د- المرئيات الفضائية :

إستخدم الباحثان المرئيات الفضائية وخاصةً بيانات(DEM) (النموذج العالمي للإرتفاعا الرقمي Digital Elevation Model) كبيانات خام وتحليلها لتبين أشكال الارتفاعات و الانخفاضات وتحديد الأحواض المائية ورتب المجاري المائية كما إستخدم مرئيات الاقمار الصناعية (landsat) للأعوام ٢٠٠٠،١٩٨٧، ٢٠١٧م، بدقة مكانية (٣٠×٣٠) لتتبع العمليات الجيومورفولوجية وملاحظة التأثيراتها علي مشاريع حصاد المياه بالمحلية بالإضافة إلى مرئيات (Google Earth Pro). كما أُستخدمت برمجيات نظم المعلومات الجغرافية (ARC GIS 10.5) لمعالجة الصور الفضائية وإنتاج الخرائط بالإضافة لإستخدام برنامج ال Statistic) (SPSS v. 23) Package for Social Scienses) لتحليل وعرض بيانات الكمية.

مفهوم الجيومورفولوجيا (Geomorphology):-

كلمة جيومورفولوجيا مشتقة من الأصل الإغريقي (Geo) وتعني الأرض و (Morphs) تعني التكوين أو النشأة، (Logos) تعني علم أو دراسة. وبذلك يتضمن التعريف علم التكوين وأحياناً بترجمة أو دلالة هذا المصطلح كقولهم علم أشكال الأرض. ويحيط بهذه التسمية ومضامينها توضيحات ودلالات تضيف إلي محتوى ومضمون علم الجيومورفولوجيا من ذلك المقصود بالكلمات والمصطلحات التالية: علم الأرض، أشكال الأرض، أشكال السطح، النشأة والتكوين والتطور **(حسن،٢٠٠٧،ص٢٢).**

هنالك عدة تعريفات لعلم الجيومورفلوجيا يمكن أن ذكر أهما:

"علم شكل الأرض (Geomorphology) هو دراسة أصل وتطور المظاهرالتضاريسية (Topographic) التي تتأثر بالعمليات الفيزيائية والكيميائية الموجودة قرب سطح الأرض.

علم شكل الأرض (Geomorphology) هو الوصف المنتظم والتحليل العميق والفهم الشامل للمناظر الطبيعية والعمليات التي تعمل على تغيرها**"(سعد،٢٠١٠،ص٢٨).**

هوعلم حدي يقع بين الجيولوجيا والجغرافيا وهو يهتم بوضف مظاهر وأشكال سطح الأرض وأصل نشأتها وتطورها، ودراسة العمليات الجيومورفولوجية التي أسهمت في صياغة وتشكيل مظاهر سطح الأرض مثل عمليات التجوية وسائر العوامل **(محمد ،٢٠٠٥،ص١٢٧).**

إن المظاهر الجيومورفولوجية هي نتيجة لتضافرمجموعتين من العمليات الباطنية والخارجية. فالباطنية هي التي تهدف إلي زيادة التضرس ووعورة سطح الأرض. "تنشأ القوى الخارجية بتأثير الغلاف الجوي والمائي في القشرة الأرضية، وتعمل هذه القوى علي تسوية شكل سطح الأرض بإزالة وتعرية الأجزاء البارزة وردم الأجزاء الغائرة، ويهتم علم الجيومورفولوجيا بدراسة القوى الخارجية،وهو يعد من العلوم الأرضية التي ظهرت في أوائل القرن العشرين، ويعني بدراسة سطح الأرض من ثلاثة جوانب، وصف الأشكال الأرضية ونشأتها وتطورها" **(حسن،٢٠٠٧،ص٢٢٩).**

العوامل المؤثرة علي حصاد مياه الجريان السطحي:

يتطلب إقامة مشروعات حصاد المياه لاسيما السدود والخزانات والحفائر دراسات ومعلومات واسعة في مجالات مختلفة والتي تحتاج إلي تحري وتقصي موضعي على مستوى الحقل وهي:

العوامل الطبوغرافية:

يعد الوضع التضاريسي للمنطقة من العوامل المهيمنة علي طبيعة التصريف عند سقوط الأمطار. وذكر **(younis,2005,p261)** أن الدراسة الطبوغرافية لإنشاء السدود تشمل على إعداد خريطة طبوغرافية متكاملة للمنطقة وتفسير صور المظاهر الطبيعية لتك الخريطة، إستخراج حوض المستجمع المائي، إستخراج شبكة المجاري المائية ومقاطع قنوات التصريف وخصائصها، وتقدير معدل تعرية التربة ودراسة الرسوبيات.كما ذكر **(L.Tamene.et al,2005,p)** أن معرفة حقيقة التعرية وتحديدها في المجاري العليا في غاية الضرورة لإختيار موضع الخزان بالإضافة للمتغيرات البيئة في حوض المستجمع المائي**(Alain, 2006, p22).** كما تمثل دراسة ومعرفة درجات الإنحدار أهم الضوابط التى يحدد نجاح عملية حصاد المياه؛ إذ أنه يتحكم بشكل مباشر في عملية الجريان السطحى وتسرب المياه. ولذلك فإن تقانات حصاد المياه السطحية تختلف تبعاً لدرجة الإنحدار. وأن المستجمعات المائية التي يزيد إنحدارها عن (٥)% يكون أكثر عُرضةً لعمليات إنجراف التربة وزيادة حركة نقل الرواسب. ولذلك تعتبر المناطق المستوية هي الأفضل والأمثل من حيث إمكانية تجميع المياه الجريان السطحي**(Tshegofatso,2016,p13).**

التكوينات السطحية (التربة):

تؤثر نوع التربة علي كمية المياه المحجوزة كما تلعب قوامها دوراً رئيسياً في ذلك، فقوام التربة يؤثر علي معدل الإرتشاح والناقلية الهيدرولوكية للتربة. فالتربة الرملية والحصوية يزيد فيها معدل الإرتشاح مقارنةً بالتربة الطينة"**(عبدالرحمن، ٢٠١١،ص٦).** ويمكن تقسيم قوام التربة حسب أهميتها الهيدرولوجية إلى أربعة مجموعات كما في الجدول(١).

الجدول (١) المجموعان الهيدرولوجية للتربة

التقسيم الهيدرولوجي للتربة	الوصف	قوام التربة
أ	إحتمال حدوث الجريان السطحي ضعيف، القدرة على التسرب متوسطة عند البلل. تصرف المياه عبر الرمل والحصى بشكل عميق أومفرط .	رملية لومية، ولومية رملية
ب	المقدرة على التسرب تتراوح بين المتوسطة والضعيفة عند البلل. التصريف بين المعتل والجيد.	غرينية لومية، ولومية
ج	قلة التسرب مع إحتمالية حدوث جريان سطحي بين المرتفع والمتوسط.	رملية طينية لومية
د	إحتمالية حدوث أعلى قيمة من الجريان السطحي مع قلة التسرب.	رملية طينية، وطينية

المصدر:(Tshegofatso,2016,p13) .

التكوينات تحت السطحية:

يظهرأثرها بصورة واضحة عند إقامة السدود. حيث لاتقل أهمية تلك التكوينات تحت السطحية من التربة في إختيار الموضع الملائم لخزن المياه، حيث يتوقف علي طبيعة الطبقة الصخرية من حيث صلابتها وتركيبها الكيميائي ونفاذيتها. فقد تكون طبقة صلبة قليلة النفاذية ففي هذه الحالة لاتوجد مشكلة ولكن إذا كانت الصخور رسوبية جبسية أوالملحية لها قابلية علي الذوبان بالماء، أو تتضمن شقوق وفواصل فإنها تسهم في تسرب الماء إلي باطن الأرض. لذلك لايمكن الإعتماد علي الطبقة السطحية فقط في إختيار الموضع الملائم لخزن المياه**(خلف، ٢٠٠١،ص٢٣٦).**

العوامل الهيدرولوجية و الميتورولوجية:

إن النظام الهيدرولوجي في المناطق الجافة يعتمد علي طبيعة المناخ السائد في المنطقة من حيث طبيعة التساقط والحرارة والرياح. فالتصريف يعتمد أساساً علي التساقط، أما الحرارة والرياح فهي عناصر مؤثرة علي التصريف. وأشار **(younis,2005,pp260-261)** إلى أهم الدراسات التي يجب إجراؤها في هذا المجال هي:

- تحليل بيانات الأمطار وتشمل الكثافة والتوزيع بمنطقة حوض المستجمع المائي.
- قياس وحساب معدل التدفق والجريان السطحي.
- حساب مجموع ومعدل التبخر.
- دراسة خصائص التربة وخصائص نفاذيتها.
- مستوى تغذية المياه الجوفية عند إنشاء السد.
- تقدير كمية الرواسب التي يحويها الخزان حالياً وما سيتلقاه في المستقبل.

مفهوم حصاد المياه :

هنالك عدة تعريفات لحصاد المياه، أغلبها إعتمدة في تعريفها حسب الغرض من الإستخدام، ولكن بصورة عامة يمكن تُعرفه كممارسة تُفعل للحصول علي المياه عن طريق تجميع مياه الأمطار أو تسريب مياه الجريان السطحي للإستخدامات النفعية .**(Wifag,2013,p11)**.

"يطلق مصطلح الحصاد المائي علي آي عملية مورفولوجية أو كيميائية أوفيزيائية تنفذ علي الأرض من أجل الإستفادة من مياه الأمطار، سواء كانت بطريقة مباشرة أوعن طريق تمكين التربة من تخزين أكبر قدر ممكن من مياه الأمطار الساقطة عليها وتخفيف سرعة الجريان الزائد عليها. وهذا الأمر من شأنه أن يسهم في تقليل سرعة الإنجراف، أو بطريقة غير مباشرة، وذلك بتجميع مياه الجريان السطحي في منطقة التصريف وتخزين غير معرض للإنجراف وإستخدامها لأغراض الري التكميلي للمحاصيل الزراعية أو للشرب أو سقاية الحيوان وتغذية المياه الجوفية" **(عبد الرحمن،٢٠١١ص٢).**

"كما يمكن تعريف حصاد مياه الأمطار (Rain Water Harvesting) علي أنه عملية تجميع لمياه الأمطار والمتمثلة بالسيح السطحي لهذه الأمطار والمتكونة في منطقة الحصاد (Catchment area) لإستخدامه فيما بعد في منطقة أخري" **(حكمت وأخرون،٢٠٠٦،ص٢).**

ويعرف حصاد المياه علي إنه "جمع وتركيز أو تخزين مياه الجريان السطحي في أسطح طبيعية أو إصطناعية سواء كان من أسطح المباني أومن الصخور الملساء أو من المسيلات الجبلية إلي حين يتم تخزينها في خزانات محفورة علي شكل حفر اوسدود صغيرة علي جوانب الأنهار الموسمية أثناء جريان المجاري في الفصل المطير، ويستخدم لسد النقص في المياه خلال الجفاف **(Michael and Jan,P,2).**

كما تُعرف عملية حصاد مياه الأمطار والسيول بأنها التقنية التي تستخدم في حجز وتخزين مياه الأمطار والسيول في فترة سقوطها بطُرق تختلف بإختلاف الغاية من تجميعها ومعدلات هطولها وعادةً إستخدامها عند الحاجة سواء للشرب أو للري التكميلي أو لتغذية المياه الجوفية. **(عبدالملك،٢٠٠٦،ص٢).**

الملائمة المكانية لحصاد المياه في بيئة نظم المعلومات الجغرافية:

يعتبر البحث عن الموقع المناسب من الخطوات الاولى في التخطيط والتنفيذ الناجح لمشروعات حصاد مياه الأمطار والجريان السطحي. ولذلك ينبغي أن تكون الموقع مناسباً من النواحي الإجتماعية والمادية وملائماً من الجوانب الطبيعية. وعليه فإن برمجيات نظم المعلومات الجغرافية توفرالآليات والأدوات المناسبة لإجراء عملية التحليل المكاني، وذلك لما تتميز به من المقدرة على تخزين وإدارة البيانات المكانية، وإجراء عمليات النمذجة البيانية على حدٍ سواء.

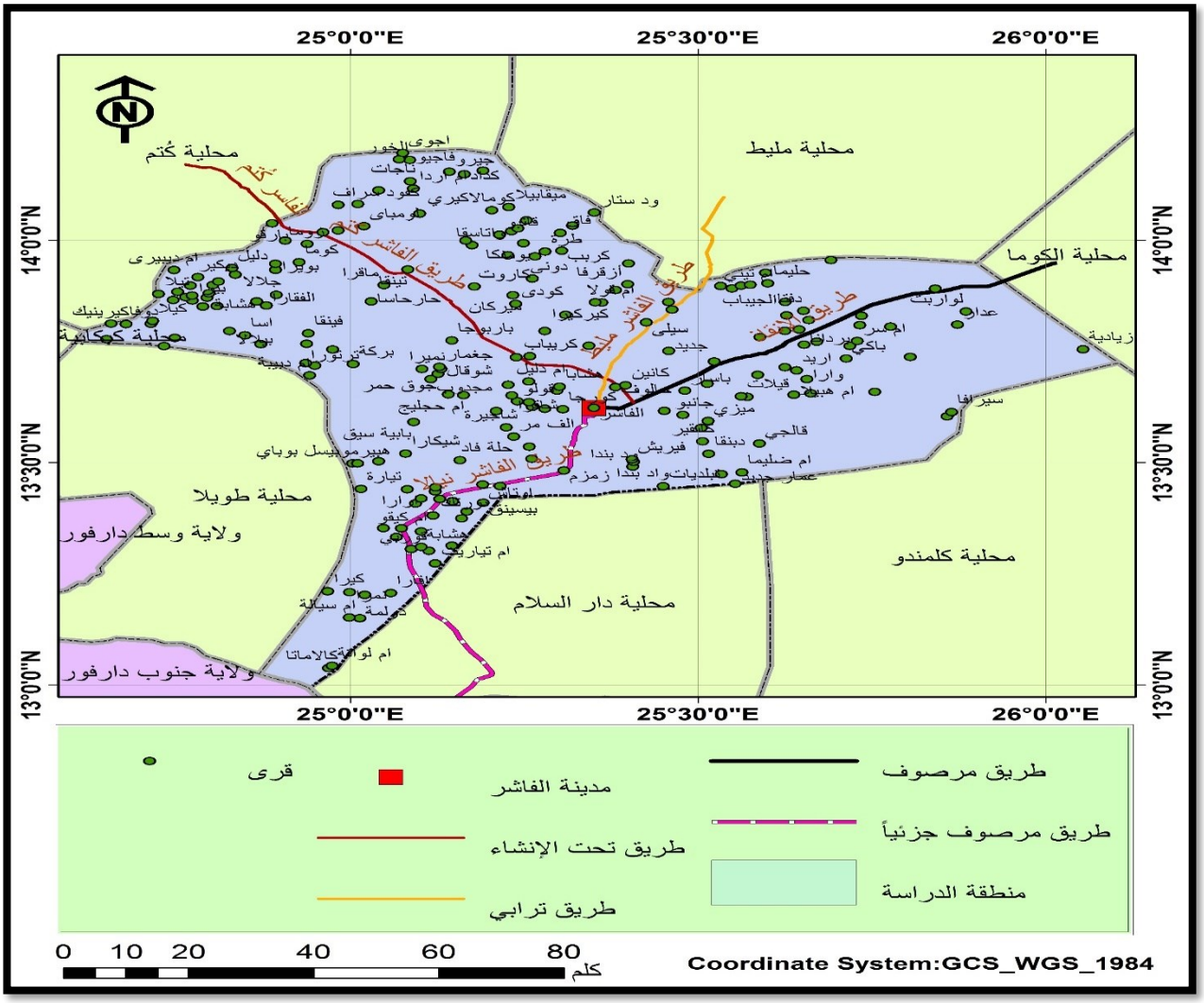
العلاقات المكانية:

يعتبر الموقع الفلكي و الجغرافي من أهم العوامل التي يُعول عليها في تحديد طبيعة العديد من أنشطة الإنسان في الرقعة المساحية المعينة، كما يحدد الإطار العام للتفاعل بين الإنسان والنظم الأيكلوجية والتكيف معها، ويمكن تبلور العلاقات المكانية في الآتي:

الموقع الفلكي :-

تقع منطقة الدراسة بين خطي طول (″18 ,′36 ,°24)، (″17 ,′6 ,°26) شرقاً وبين دائرتي عرض (″ ,12° 59′, 37) ، (″13,′12 ,°14) شمالاً.مما جعلها تقع ضمن إقليم الساحل الأفريقي والمناطق الجافة بالسودان التي تقل بها كمية الأمطار. الأمر الذي يؤثر سلباً علي الغطاء الحيوي، وبالتالي مضاعفة العمليات الجيومورفولوجية، خاصاً التجوية والتعرية الريحية.مما تنعكس ذلك في عملية حصاد المياه.

خريطة (١) الموقع التفصيلي لمنطقة الدراسة



المصدر:عمل الباحثان من خريطة الهيئة العامة للمساحة السودانية ٢٠١٤م.

الموقع الجغرافي : تقع محلية الفاشر في غرب السودان بولاية شمال دارفور. ويحدها من الشرق محلية الكومة ومن الجنوب الشرقي محلية كلمندو ومن الجنوب محلية دار السلام ومن الغرب والجنوب الغربي محلية طويلة ومن الشمال والشمال الغربي محلية كبكابية ومن ناحية الشمال والشمال الغربي محلية كُتم ومن الشمال محلية مليط .أنظر الخريطة (١) .

تنفرد المحلية بموقع جغرافي مميز، تتوسطه محليات الولاية كما توجد بها مدينة الفاشر التي تعد ملتقىً للطرق البرية التي تربط بين محليات الولاية، وأهما طريق الإنقاذ الغربي الذي تربط العاصمة القومية وولايات غرب السودان، كما توجد بها مطار دولي تتوفر به خطوط الإتصال المحلية والعالمية، مما جعلها مركزا تجارياً مميزاً للولاية وثقلها الاقتصادي.

المساحة: ومن خلال الخريطة (1) فإن منطقة الدراسة تحتل مساحة تقدر بحوالي (٨٦٢٧) كلم^{٢} تقريباً وتمثل (٣٪) من مساحة ولاية شمال دارفور التي تبلغ مساحتها(٢٩٢)ألف كلم^{٢}.

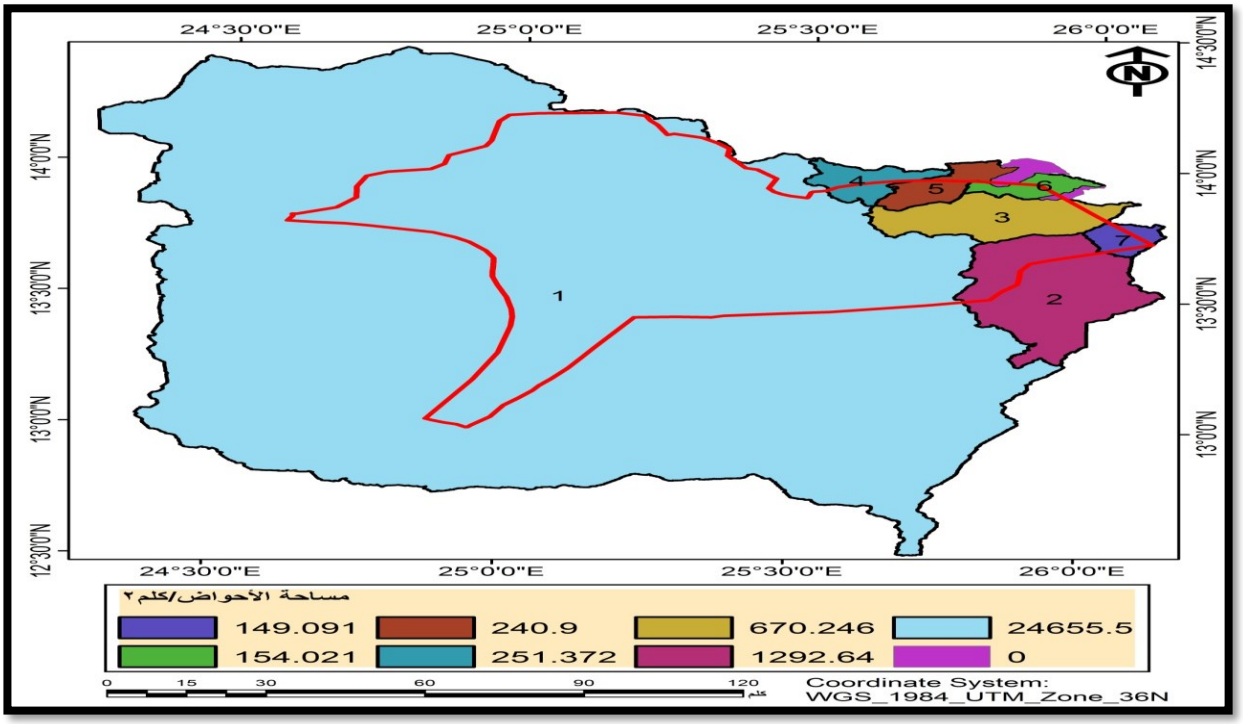
حجم السكان : يبلغ عدد سكان منطقة الدراسة (٤٥٤٤٤١)نسمة ويمثل حوالي (٢١,٥ %) من جملة سكان ولاية شمال دارفور البالغ عددهم (٢١١٣٦٢٦)نسمة خلال تعداد ٢٠٠٨م. و يزيد السكان بمعدل نمو سنوي (٣,٤) نسمة في المئة. ويمثل النازحون الشق الآخر من السكان الذين لم يشملهم هذا التعداد لدواعي أمنية "وقد بلغ عددهم (٢٩١١٤١)نسمة داخل معسكرات النزوح و(٢٨٢٤٣)نسمة يقطنون القرى المجاورة لمدينة

الفاشر"(**منظمة الفاو : ٢٠١٤).** أما حجم سكان المنطقة حسب الإسقاطات السكانية لمنطقة الدراسة ٢٠١٨م فبلغ عددهم (٥٨٨٦٦٢) ألف نسمة بزيادة قدرها (١٣٤٢٢١) ألف نسمة مايعادل (٢٢,٨٪) من تعداد ٢٠٠٨م.**(الجهاز المركزي للإحصاء،الفاشر)**

أحواض التصريف السطحي بمنطقة الدراسة:

وإن منطقة الدراسة كمحلية تقع ضمن حدودها عدة أحواض سطحية تمثل نظام طبيعي تمتد إلى خارج حدودها الإدراية، الأمر التي يطلب دراسته بتجاهل تلك الحدود البشرية. ومن خلال التحليل الهيدرولوجي تبين أن هنالك (٧) أحواض تصريف سطحية بمنطقة الدراسة، كما في الخريطة (٢).

خريطة (٢) احواض التصرف السطحي بمنطقة الدراسة ومحيطها



المصدر: عمل الباحث باستخدام نموذج DEM90 SRTM

من خلال الخريطة أعلاه يلاحظ أن الأجزاء الشرقية من منطقة الدراسة تمثل منطقة لتوزيع المياه إلى عدة أحواض للتصريف السطحي، تمتد لمساحات خارج حدود منطقة الدراسة، وهذا مايعكس تضرس المنطقة والتغير في إتجاه ميول سطح الأرض.

جدول (٢) أحواض التصريف السطحي بمنطقة الدراسة

الرقم الحوض	المساحة الكلية/كلم٢	مساحة الحوض بمنطقةالدراسة /كلم٢	نسبة مساحة منطقة الدراسة من مساحة الحوض %
١	٢٤٦٥٥,٥	٧٢٢٤,٦٤	٨٣,٧
٢	١٢٩٢,٦٤	٣٧٠,٠٧	٤,٣
٣	٦٧٠,٢٤	٦٢٢,٣٩	٧,٢
٤	٢٥١,٣٧	١٠١,٥٠	١,٢
٥	٢٤٠,٨٩	١٤٩,٠٣	١,٧
٦	١٥٤,٠٢	٧٨,٢٧	٠,٩٠

٧	١٤٩,٠٩	٨٧,٠٣	١
المجموع	٢٧٤١٣,٧٥	٨٦٣٢,٩٢	١٠٠

المصدر: عمل الباحثان من بيانات الخريطة رقم(٢)

يستنتج من الجدول أعلاه أن (١٦,٣٪) من مياه منطقة الدراسة تنصرف من خلال (٦) أحواض صغيرة المبينة في الخريطة بالأقام (٢،٣،٤،٥،٦،٧) بينما (٨٣,٧٪) من مياه المنطقة تنصرف عبر حوض وادي الكوع المبين بالرقم (١) في الخريطة (٢). وعليه فإن التصريف المياه السطحية بمنطقة الدراسة يقوم بصورة أساسية على نظام وادي الكوع، مما يقتضي الإهتمام به ودراسته بصورة مفصلة حتى يتم الإستفادة من مياهه.

أثر الخصائص الجيو موفولوجية على حصاد المياه بمحلية الفاشر

تعتبر خصائص سطح الأرض والعمليات الجيومورفولوجية السائدة من أهم العوامل التي تؤثر علي تقانات حصاد المياه. فكلما كان السطح مستوياً ذا تربة ملائمة، تزيد من فرص إنشاء الحفائر والسدود بأنواعها المختلفة، والإستفادة من مياه الجريان السطحي للإستخدام البشري ولري المناطق الزراعية بالإضافة إلى تحسين البيئة الطبيعية. أما المناطق الجبلية ذات التضاريس المعقدة والإنحدارت الشديدة المجردة من الغطاء النباتي، والرواسب الرملية المرتفعة فتقل فيها فرص الحصول علي المياه من خلال عملية الحصاد المباشر.

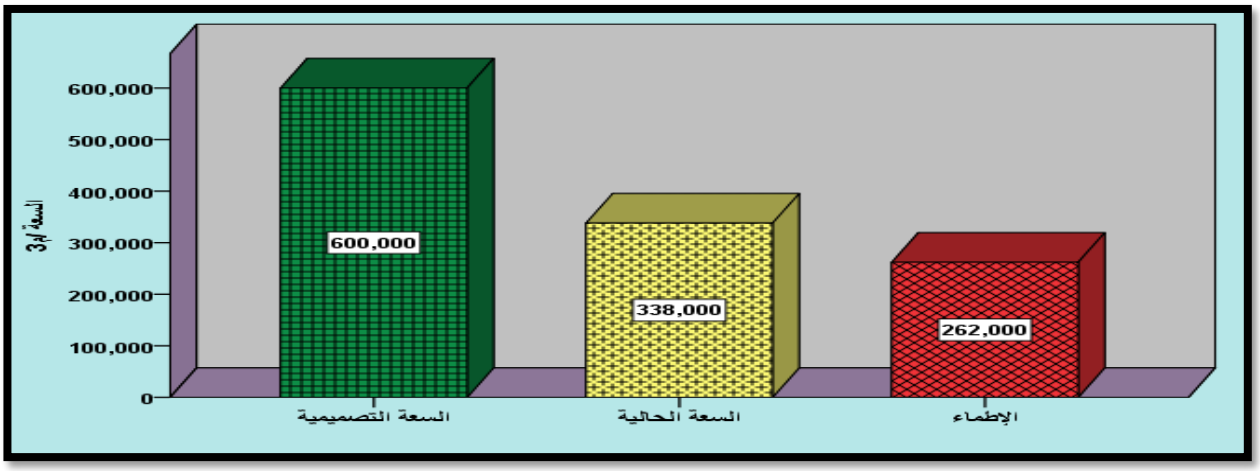
أثر الإطماء على مشروعات حصاد المياه:

يعتبر الإطماء شكل من أشكال الإرساب المائى التي تترسب عند خزانات السدود والحفائر والمنخفضات الطبيعية، حيث تعمل المياه الجارية خلال الأودية والخيران إلى نحت ونقل كميات كبيرة من الفتات الصخري والغرين والعوالق وترسيبها على السهول الفيضية وخزانات السدود والحفائر. والتى تؤدي في الأخر إلى طمر تلك المنشأت والتقليل سعاتها التخزينية وبالتالى تقليل فرص الإستفادة منها.

أثر الإطماء علي الحفائر بمنطقة الدراسة:

من خلال بيانات تبين أن السعة التصميمية للحفائر بمنطقة الدراسة بلغت (٦٠٠٠٠٠م^3) بينما السعة الحالية فقد بلغت (٣٣٨٠٠٠م^3) أنظر إلى الشكل (١).

شكل (١) السعات التصميمة والحالية والإطماء للحفائر بمنطقة الدراسة



المصدر: العمل الميداني ٢٠١٨م..

تبين من الشكل (١)تأثر الحفائر بعملية الإطماء فقد تم طمر حوالى(٢٦٢٠٠٠)م^{٣} أو ما يعادل (٤٣,٧٪) من سعاتها التخزينية بينما بقي منها (٥٦,٣٪). ومن خلال العمل الميداني إتضح أن الحفائر المعيارية المطابقة للمواصفات الإنشائية هي الأقل تأثراً بهذه العملية، بينما تمثل الحفائر التقليدية والحفائر المعيارية شبة التقليدية المصممة لري المواشي من أكثر الأنواع تأثراً بهذه العملية؛ حيث أن المياه تدخل مباشر من المجرى المغذي للحفير من دون ان تكون هنالك حوض للترسيب، أنظر الصورة(١).

صورة (١) أثر الإطماء على حفير قرية كربب.

المصدر: العمل الميداني ٢٠١٨م.

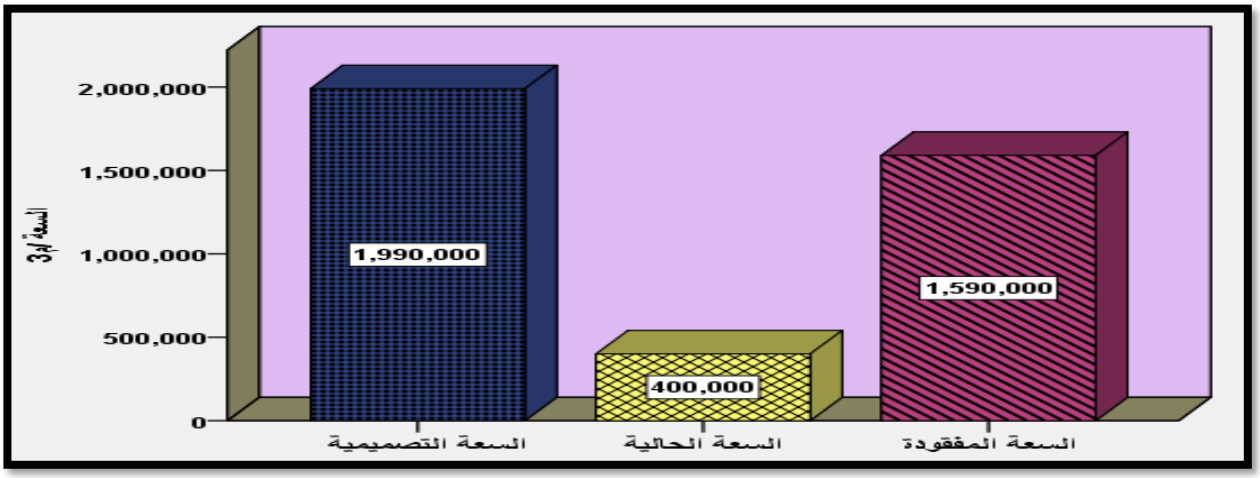
وهذا الأمر قد أضر كثيراً بتلك الحفائر وعمل على طمرها وتقليل سعاتها الإستيعابية لحمل المياه، مما حتمت على الحكومة المحلية والمنظمات الإنسانية تكريس خسارى الجهد في أعمال الصيانة لتلك الحفائر. وتمكن الطالب من ملاحظة عملية الإطماء بصورة واضحة في حفائر كلٍ من كربب، وجديد السيل، وأم مراحيك ومطبعة.

٥-٤-١-١ أثر الإطماء على السدود بمنطقة الدراسة:

ذكر **(Younis,2005,p261)** أن الإطماء يمثل مشكلة بالنسبة للسدود الصغيرة في المناطق الجافة، وخاصةً التي تقام علي مجاري الأودية الموسمية، حيث يعتبر أكثر إرساباً من السدود الكبيرة التي تقام علي الأنهار والمجاري الدائمة.

لذا تعتبر الإطماء من أكبر المشكلات التي تتعرض لها السدود الصغيرة بمنطقة الدراسة؛ كون أن المياه تدخل مباشرة علي خزانات تلك السدود من دون أن تكون هنالك سدود أو حواجز ترسيبية منشأة على مجاري الأودية المغذية لتلك السدود. وعلى الرغم من ذلك فإن تأثير هذه العملية تتفاوت من سد لأخر، كلٌ حسب موقعه من مراحل الوادي أو المجرى المغذي له. وتتأثر كل السدود بهذه العملية أنظر إلى الشكل (٢)، وتبلغ السعات التصميمة للسدود منطقة الدراسة (١٩٩٠٠٠٠متر^{٣}) بينما السعة الحالية فبلغت (٤٠٠٠٠٠متر^{٣}).

شكل (٢)السعات التصميمة والحالية للسدود بمنطقة الدراسة



المصدر: العمل الميداني، ٢٠١٩م.

الشكل أعلاه يعطي مؤشراً واضحاً لحجم الإطماء والإنهيار الذي أصاب السدود بمنطقة الدراسة، فقد فقدت تلك السدود حوالي (١٥٩٠٠٠٠) م^{3} من سعاتها التخزينية أي ما يعادل (٧٩,٩٪) ولم يبقَ منها سوى (٤٠٠٠٠٠) متر^{3} أي ما يعادل (٢٠,١٪) فقط. كما أتضح أن السدود بمنطقة الدراسة هي الأكثر تأثراً بهذه العملية مقارنةً بالحفائر. ولدراسة حركة الطمي والرواسب المائية وكمياتها وعوامل حركتها كأحد العوامل الجيومورفولوجية المؤثرة على السدود بمنطقة الدراسة فقد تم إختيار سد قولو كأحد النماذج الأكثر تأثراً لتبيين ذلك الأمر.

١- تقييم أثر الإطماء على سد قولو:

تقع السد غرب مدينة الفاشر بحوالى (٩)كلم هو عبارة عن سد ترابي صغيرأقيم علي الجزء الأعلى من وادى الكوع الذي تعتبر إمتداد لثلاثة أودية - وادي تبوس، كتم، وطويلة- عند منطقة الكوع، وقد تم تشييده عام (١٩٤٧م) لتغذية حوض شقرة الجوفي وتخزين المياه سطحياً لتلبية حاجة مدينة الفاشر من المياه، وتم إدخال المياه إليه في العام (١٩٥٨م) وفي العام إلحق (١٩٧٦م) بحفير. و يبلغ طول خزان السد حوالى (٢٥٠٠متر) وبعرض (٩٥٠متر) كما يبلغ عمقه حوالى (٦أمتار). بسعته تخزينية (٦٠٠٠)كلم^{3}. ويتكون السد من جسور ترابية ومصارف مبنية بها محابس تفتح لتصريف المياه عند إمتلاء الخزان. **(مقابلة،حسن،٢٠١٨).**

ومن خلال التحليل الهيدرومورفومتري فقد أن مساحة المستجمع المائي للسد بلغ حوالي (١٠٨٠٥,٤)كلم^{2}، ويعادل (٤٣٪) من جملة مساحة حوض وادي الكوع، وتضم حوالى (٢٧) مستجمعاً فرعياً ووالتى تحوى حوالي (٣٩٦١) مجراً مائياً بمختلف الرتب، وبمجموع أطواله بلغت (١٢٣٩٠,٨٧) كلم، أنظر الخريطة (٣). وقد بلغ معدل الجريانها السطحي (٠,٣٣)م/ث و بمعدل تصريف تصل إلى (٣٤٠٨) مليون متر^{3} في السنة.

جدول (٣) الخصائص الهيدرومورفومترية لمستجمع مياه سد قولو

المعامل	نسيج	وعورة	تضرس	كثافة التصريف	إستطالة
القيمة	٧,٥	١,٥	١٠,٨	١,١	٠,٩٥

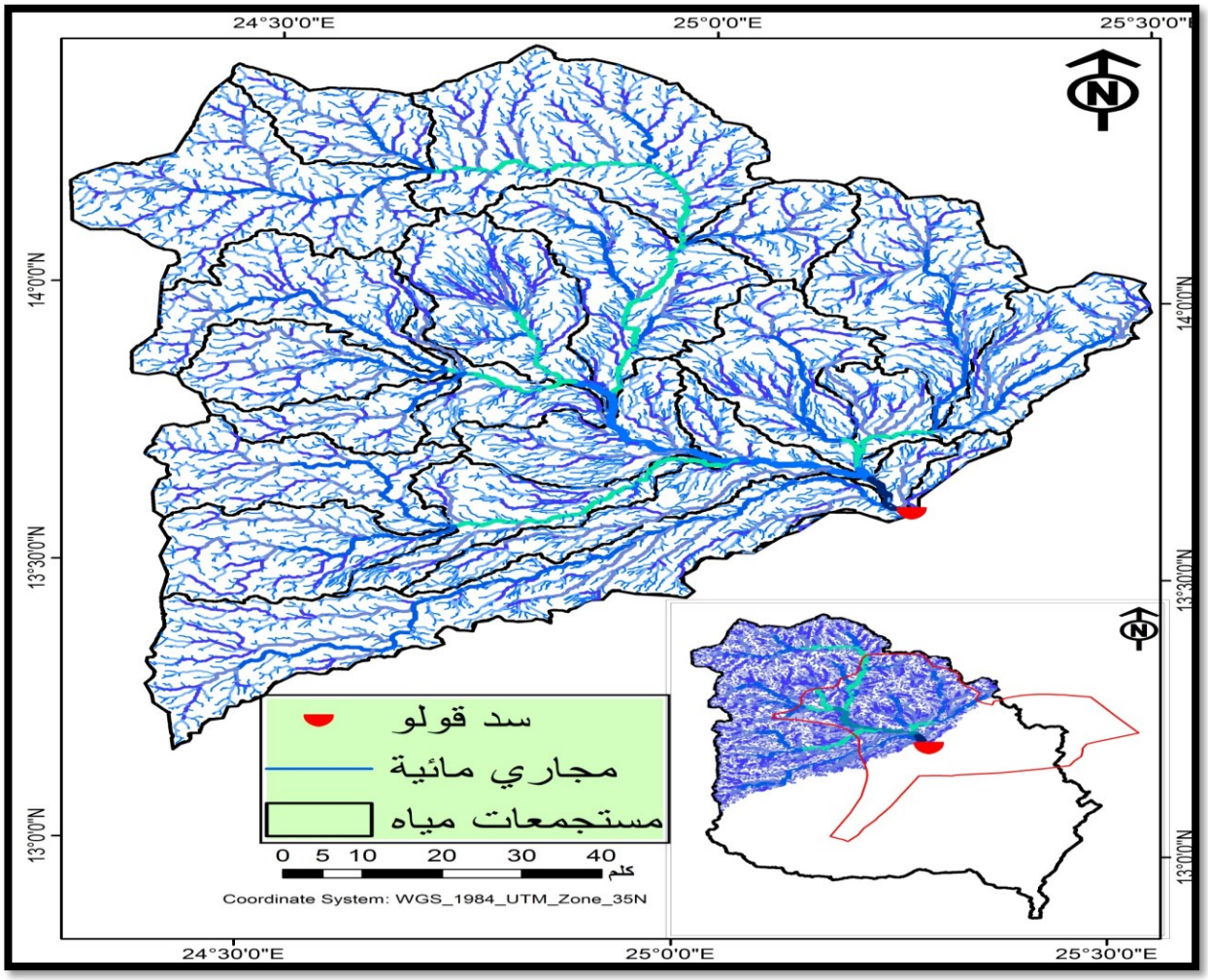
المصدر: عمل الباحثان من الخريطة (٣)

من خلال التحليل الهيدرومورفومترية لهذا المستجمع المائي كما في الجدول (٥-١) تبين بأنه يتميز بنسيج طبوغرافي ناعم بلغ قيمته (٧,٥)، مما يشير إلى تقدمه في دورته التحاتية، أما كثافته التصريفية فهي منخفضة، و يعود ذلك إلى الجفاف وموسمية لأمطار بالإضافة إلى وجود التربة الرملية والتكوينات النوبية في

بعض الأماكن من المستجمع. أما الوعورة فهي كذلك منخفضة بلغت قمتها (١,٥) مما عملت ذلك على إرتفاع قيمة التضرس الحوضي حيث بلغت (١٠,٨)، الأمر الذي يودي إلى زيادة سرعة جريان المياه والرواسب المنقولة تجاه الخزان. و تزيد من حدة ذلك الأمر إستدارة شكل الحوض حيث بلغ معدل إستطالته (٠,٩٥).

وعليه فإن مياه الجريان السطحي التي تجري خلال موسم الخريف، والتي تنحدر من الأودية الثلاثة تحمل معها كميات من الفتات الصخري والروسب الرملية والطينية نحو منطقة شقرة، التي تبدوا كسهل فسيح تنخفض عندها سرعة المياه فيبدأ الوادي بإلقاء الرواسب التي يحمله، كما تزيد طبيعة المنطقة الجيولوجية من تلك العملية، حيث تعمل صخور الحجر الرملي ذات المسامية والنفاذية العالية على تسرب نسبة كبيرة من المياه، مما تعمل على تقليل سرعة الوادي وبتالي إلقاء أكبر قدر من حموله.

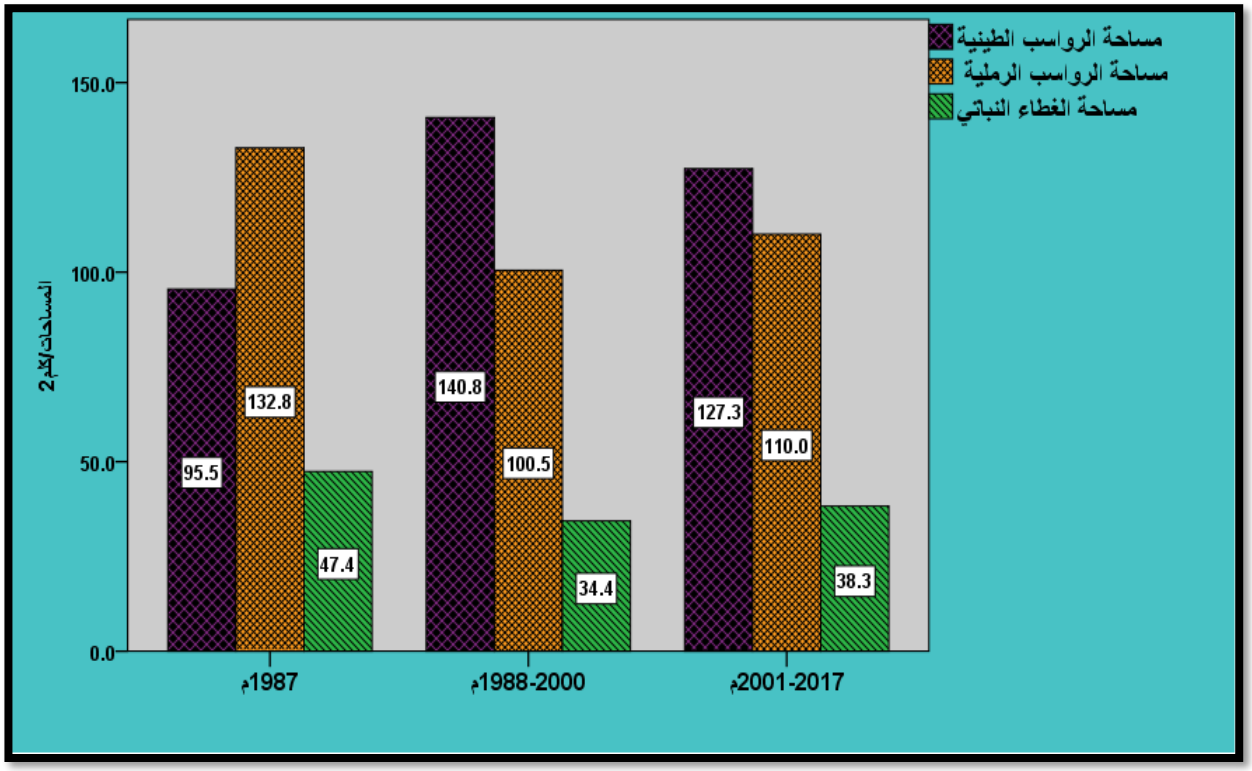
خريطة (٣) المستجمع المائي السد قولو



المصدر: عمل الباحثان باستخدام نموذج الإرتفاعات الرقمية SRTM, DEM9 ٠

ومن تحليل المرئيات الفضائية أثبت أن هنالك تزايداً مستمراً في كمية الرواسب الطينية تجاه خزان السد كما هو في الشكل (٣).

شكل (٣) حركة الرواسب بمحيط سد قولو

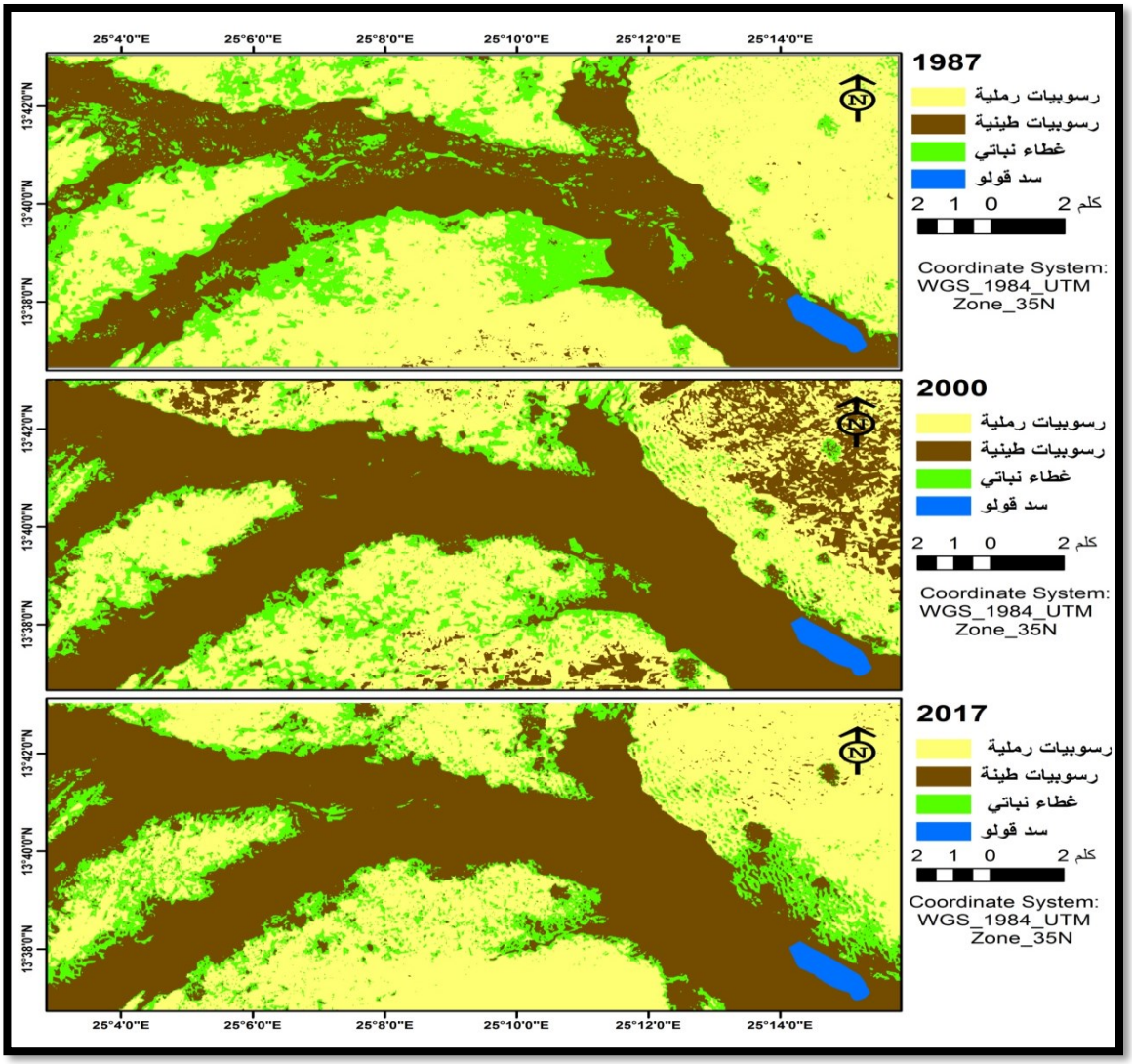


المصدر: العمل الميداني، ٢٠١٩م، من بيانات الخريطة (٤)

يضح من الشكل (٣) أن المساحة التي تغطيها الرواسب الطينية خلف السد في العام ١٩٨٧م بلغت (٩٥,٥)كلم٢ وقد بلغت مساحة الرواسب الرملية (١٣٢,٨)كلم٢ بينما مساحة الغطاء النباتي فبلغت (٤٧,٤)كلم٢. أما فيما بين عامي ١٩٨٨- ٢٠٠٠م فتزايدت مساحة الرواسب الطينة إلى(١٤٠,٨)كلم٢، أما مساحة المناطق الرملية فقد تناقصت إلى (١٠٠,٥)كلم٢. ويرجح الباحثان أن التناقص الكبير لم يكن بسبب توغل الرسوبيات الطينية بل بعود إلى تزايد عملية النحت الريحي وإزالة الرمال وصولاً إلى حد الطبقة الطينية القديمة في ظل تناقص مساحة الغطاء النباتي إلى (٣٤,٤) كلم٢. أما فيما بين عامي ٢٠٠١- ٢٠١٧م فقد تزايدت مساحة الرواسب الطينية إلى (١٢٧,٣)كلم٢، على الرغم من التزايد القليل فى الغطاء النباتي إلي (٣٨,٣)كلم٢ أما الرواسب الرملية فقد تضاءلت إلى (١١٠)كلم٢، ويرجع ذلك إلى تحول المنطقة إلى منطقة إرساب ريحي وقد أثبت ذلك بإختفاء المناطق المنحوتة سابقاً.

وعلى الرغم من إتساع منطقة السهل الرسوبي فإن خزان سد قولو كجزءٍ منه، وبلاشك قد تلقى كميات كبيرة من هذه الرواسب الطينية والرملية عملت على إطمائها في ظل عدم وجود حزام شجري في الإتجاه الشمالي الشرقي المواجه للرياح. ومن خلال العمل الميداني فقد أُثبتت أن خزان السد تعرض لإطماء بسمك (٤) أمتار تقريباً، وبذلك فإن السعة الحالية له تبلغ (١٥٠٠)متر٣ أى أنه فقد (٧٥٪) من سعته التخزينية

خريطة (٤) حركة الرواسب الطينية والرملية بمحيط سد قولو



المصدر: عمل الباحثان من مرئيات (land sat4-5,7,8).

٥-٤-٢ أثر الإنحدارعلى مشروعات حصاد المياه :

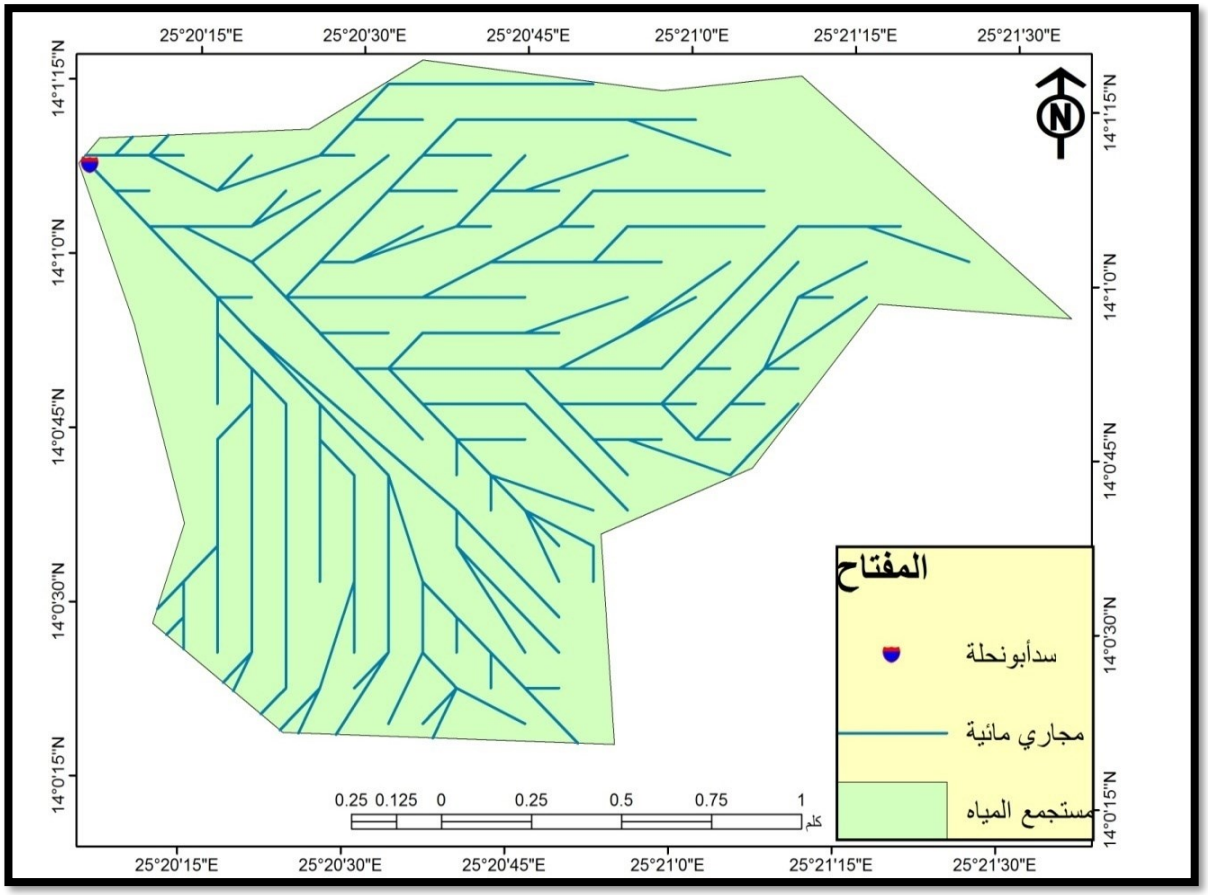
تعتبر حدة الإنحدار من إحدى العوامل الجيومورفولوجية المؤثرة على السدود بمنطقة الدراسة. ومن خلال الدراسة الميدانية تبيين أن السدود بأنواعها من أكثر مشروعات حصاد المياه تأثراً بعامل الإنحدار، وخاصة السدود التخزينية الواقعة علي الجهات الشمالية من المحلية وهي سد أبونحلة، وطرة (ب)، وأزقرفا بالإضافة إلى سد أم مراحيك. حيث تعمل السيول المنحدرة من المرتفات العالية على طمر الخزاناتها وإجتياح جسورها، وبما أن السدود المتأثرة بهده العملية كثيرة بمنطقة الدراسة فقد تم إختيار سد أبونحلة كنموذج للطبيق ومعرفة مدي أثر الإنحدار عليه.

٥-٤-٢-١ تقييم أثر الإنحدار على سد أبونحلة:

هو سد تخزيني يقع علي الجهات الجبلية المرتفعة بمنطقة أبونحلة في أقصي الجهات الشمالية لحوض وادي تبوس بغرض توفير مياه الشرب للإنسان والحيوان. أنظرالخريطة (٥) وقد تم إنشاؤه في العام ١٩٥٥م

غير أنه يتعرض لكسور بصورة مستمرة عقب كل صيانة وقد شهد الباحث اخر صيانة له خلال العام ٢٠١٢م ولكن سرعان ما تم إنهيار جسره وطمر خزانه بعد عام واحد فقد.كما هو في الصورة (2).

خريطة رقم(٥) المستجمع المائي لخزان سد أبونحلة



المصدر: عمل الباحثان من نموذج الإرتفاعات الرقمية SRTM, DEM9

صور ة (٢) إنهيار مصرف سد أبونحلة وطمر الخزان

المصدر: العمل الميداني٢٠١٨م.

ومن خلال دراسة الخصائص الهيدرومورفومترية لمستجمع مياه السد الموضحة في الجدول (٤) يمكن تبيين أثر عمل الإنحدار عليه.

جدول (٤) هيدرومورفومترية مستجمع مياه سد أبونحلة

مساحة المستجمع	٢,٩٧٣كلم^{٢}
السعة التصميمة للسد	١٦٠٠٠متر^{٣}
إرتفاع الخزان من سطح البحر	٩٤٥م
طول المجرى الرئيسى	٢,٨٠٠كلم^{٢}
زاوية إنحدار المجرى الرئيسى	٧١°
عدد الروافد المغذية للخزان	١٤٦
كثافة التصريف	٤٩,١متر/كلم^{٢}
سرعة جريان المياه	٠,٠٢٣كلم/ث

المصدر: العمل الميداني من بيانات الخريطة (٥).

ومن خلال إستخدام أدوات التحليل الهيدرولوجي في برنامج **(ARC GIS 10.5)** فقد تبين أن مساحة المستجمع المائي لخزان السد بلغ حوالي(٢,٩٧٣كلم^{٢}) أما المجارى المغذية له فبلغت عددها حوالي (١٤٦) بمجمل أطوال (٣٢,١٧٦كلم)، وبموجب هذه المعطيات فقد بلغ كثافة التصريف (٤٩,١متر/كلم^{٢}) وفق تطبيق المعادلة الخاصة بها وهي كثافة عالية، مما يدل علي مدي تقطيع سطح الأرض بتلك المجاري وبالتالى زيادة كمية حمولة النهر من المواد الصلبة، الأمر الذي أدي إلى طمر الخزان.

ومن خلال إستخلاص المجاري للمستجمع المائي، قد تبين أن هنالك مجريين رئيسيين تغذيان خزان السد. وقد تم عمل القطاع الطولي للمجرى الرئيسي الأول الواقع إلى الشمال، فبلغ طوله من منبعه إلى مصبه بحوالي (٢,٨٠٠كلم^{٢}) بمسافة رأسية تصل إلى (٨٠متر). ومن خلال تطبيق معادلة الإنحدر لذلك المجرى تبين أن المياه تنحدر بزاوية إنحدارحادة قدرها(٧١°) إلى خزان السد كما في المعادلة التالية:

المسافة الرأسية = 80m

المسافة الأفقية = 2800m

قانون الإنحدار = المسافة الرأسية / المسافة الأفقية $\frac{V}{H}$

$$\frac{80}{2800} = 0.0857 \times 100 = 2.9$$

$$tan - 1(2.9) = 71^{\circ}$$

وهي كذلك تصنف بأنها درجة جارفة، حيث تنحدر المياه من مسافة (٢كلم) من إرتفاع (٤٦م)، كما تزيد نسبة الجاذبية الأرضية وخلو المنطقة من الغطاء النباتي من سرعة تدفق المياه نحو الخزان، الأمر الذي يزيد من الفعل الهيدرولوكي للمياه وبالتالى إجتياح الجسور والردميات المنشأة.

أثر التربة علي حصاد المياه بمنطقة الدراسة:

تتلخص أثر التربة كأحدى العوامل الجيومورفولوجية على عمليات حصاد المياه بمنطقة الدراسة من خلال الجوانب الفيزيائية والكيميائية، كما يلي:

التأثير الفيزيائي للتربة

تؤثر التربة الرملية ذات النسيج المفكك، المجاورة للسدود والحفائر على عمليات حت التربة بواسطة الرياح - التي سبقت الإشارة إليها- على حصاد المياه، حيث تقوم الرمال المتحركة الناتجة عن عملية التذرية بطمر وردم خزانات السدود والحفائر بالإضافة للرهود الطبيعية وتقليل سعاتها التخزينية. وتشتد هذه العملية خلال شهور (مايو ويونيو) ويزيد هبوب الرياح وظهور العواصف الترابية مع قلة رطوبة التربة وتدهورالغطاء النباتي . أنظر الصورة (٣).

تعتبر التربة الرملية التي تتميز بالمسامية العالية والمنتشرة بشكل واسع المنطقة الدراسة،من العوامل المؤثرة على عملية حصاد المياه، حيث يقلل من فرص الجريان السطحي وتكويت المجاري وبتالي صعوبة تجميعها عبر التقانات المتاحة بالمنطقة، وعلية فإن الحفائر والسدود تنشأ على التربة الطينية وتربة القردود، بينما تنتشر القرى في مناطق القيزان الرملية مما يصعب عملية الوصول إلى المياه الأمر الذي لاحظه الباحثان خلال العمل الميداني وخاصا في شرق منطقة الدراسة.

صورة (٣) العواصف الترابية بمدينة الفاشر

المصدر: العمل الميداني ٢٠١٩م.

تقييم الأثر الكيميائية للتربة على سد حلوف:

قد لاحظ الباحث أثرها بوضوح على خزان سد حلوف الواقع شمال مدينة الفاشر المنشأ عام ١٩٧٦م لدرء الفيضانات وبغرض توفير مياه الشرب وإستخدامات البناء والتشييد ، حيث شهد العديد من الكسور وإنهيار المصرف الرئيسي عقب عمليات الصيانة رغم تعديل التصاميم الهندسة عند كل عملية تأهيل كما هو في الصورة (٣).

صورة (٤) إنهيار مصرف سد حلوف

المصدر: العمل الميداني٢٠١٨م.

من خلال الدراسة الفيزيوغرافية تبين أن تربة خزان السد تتكون من التربة اللومية (جيرية) أنظر الصورة(٤)، فقد إتضح أن هذه التربة تتأثر بعملية التميؤ الكيميائي التي تنتج عن إتحاد الماء مع العناصر الكيميائية المكونة للتربة مما يؤدي إلى تفكك نسيجها وزيادة حجمها.وعندما تتعرض المياه المختزنة إلى حركة الأمواج فإن هذه التربة المبللة تتحرك وتتغلل وتهتز تبعاً لها مما يعمل علي تشقق الجسر ومن ثَم إنهياره. وقد لاحظ الطالب ان هنالك عدة تشققات على جسر المصرف بالإضافة للمباني القريبة منها.

صورة (٥) تربة خزان سد حلوف

المصدر: العمل الميداني٢٠١٨م.

الملائمة المكانية لحصاد المياه بمنطقة الدراسة:

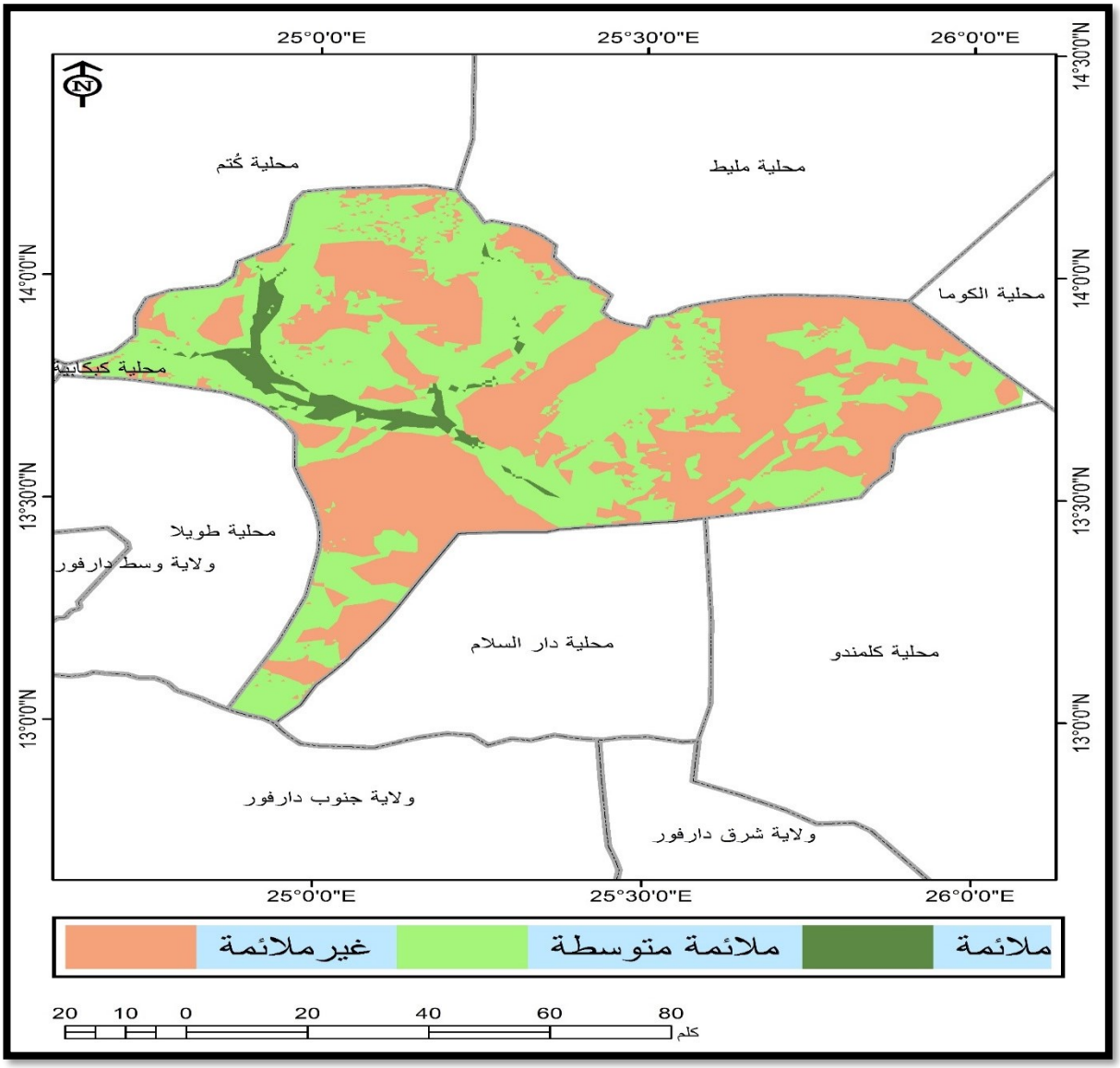
من خلال تطبيق نموذج الملائمة المكانية لعملية حصاد مياه الجريان السطحي بإستخدام برنامج (Arc Gis) عبر آداة (Weighted overlay)، والذي تتميز بقدرته على تجميع وتطابق الطبقات التى تحتوي على البيانات وخصائص المنطقة المراد دراستها، إذ تم إعطاء كلُ من الطبقات قيمة رقمية تعبر عن وزنها وأهيتها بالنسبة المئوية في عملية التطابق، بحيث لايتجاوز مجموع الأوزان ال(١٠٠). أما طبقات الخرائط التي إستخدام في هذه العملية فتضم خريطة التساقط المطري، وكثافة التصريف المائي للأودية الرئيسية، والإنحدار، واستخدامات الأرض، والغطاء النباتي، وخريطة قوام التربة كما في الملحق (١٠). وقد تم إختيار الأوزان الترجيحة للطبقات حسب أهميتها كما في الجدول(٥)، وتستند هذه الأوزان على تقديرات الباحثان إعتماداً على معرفتهما بطبيعة منطقة الدراسة من خلال العمل الميداني والتحري الموضعي لطبوغرافيتها. وقد توصلت العملية على نتائج علمية دقيقة.

جدول (٥) الأوزان الترجيحية لطبقات الخرائط

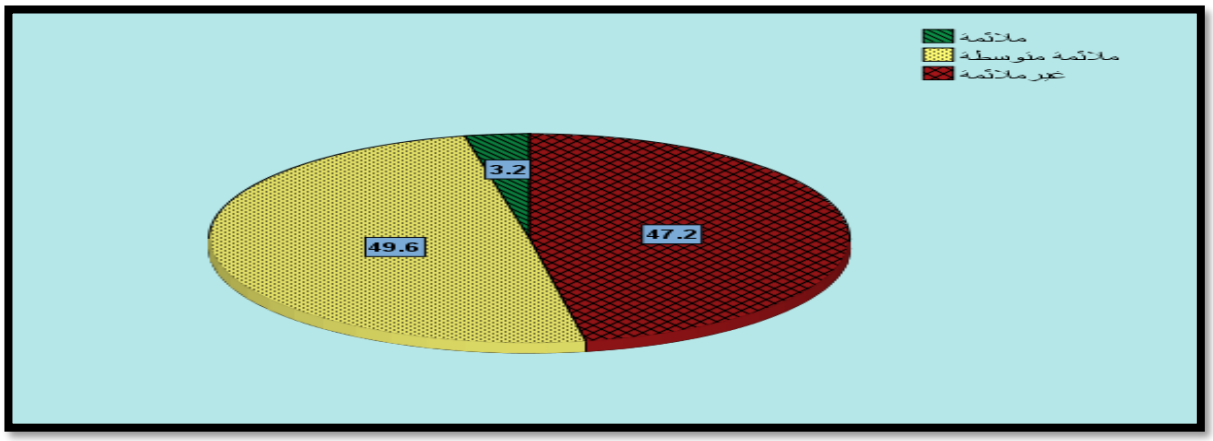
إسم الطبقة	الوزن %
التساقط المطري	٣٠
الغطاء النباتي	٢٥
كثافة التصريف	٢٠
قوام التربة	٨
الإنحدار	١٠
إستخدام الأرض	٧
المجموع	١٠٠٪

المصدر: عمل الباحثان ، ٢٠١٩م.

خريطة (٦) الملائمة المكانية لحصاد مياه الجريان السطحي بمنطقة الدراسة



شكل (٤)مساحات الملائمة لحصاد مياه الجريان السطحي بمنطقة الدراسة



المصدر: عمل من بيانات الخريطة (٦).

من الشكل (٤) تبيين أن (٣,٢)% فقط من منطقة الدراسة أو ما يعادل (٢٧٧,١)كلم^{٢} هي ذات ملائمة نموذجية لعملية حصاد مياه الجريان السطحي ، وتتصف بأنها منطقة ذات كثافة تصريفية عالية تضمن وصول

كمية كافية من الإيرادات المائية، كما أنها تقع على مناطق الأعشاب والشجيرات المتناثرة من حيث الغطاء النباتي، ومناطق المراعي المفتوحة والمغلقة من حث الإستخدام الأرضي، اما من ناحية التربة فتسودها التربة ذات القوام (رملية طينية لومية) التي تتميز بقدرتها العالية على الإحتفاظ بالمياه مع قلة معدلات التسرب. أما من حيث الإنحدار فتقع على مناطق شبه مستوية تتراوح درجة إنحدارها بين (٠ -٢٪) مما تجعلها منطقة ذات جريان هادئة يمكن من إدارة الرواسب بسهوله.

أما منطقة الملائمة المتوسطة فتمثل حوالي (٤٩,٦٪) من منطقة الدراسة ما يعادل (٤٢٣٤)كلم٢، حيث تعتبر منطقة بديلة للمنطقة النموذجية غير أنها تشوبها بعض المشكلات، إذ أن أغلبها تقع على مناطق المجارى فرعية ومسيلات ذات الكثافة التصريفية القليلة أو علي مناطق ذات الاستخدام غير المناسب، والتربة لومية أو لومية رملية. وعليه فإن نجاح مشروعات حصاد المياه في هذه المناطق تتطلب تكاليف إضافية لتحسين موقع الحصاد.

أما المناطق غير الملائمة تمثل (٤٧,٢٪) من مساحة منطقة الدراسة. و تقع إما على مناطق صخرية وعرة، تزيد إنحدارها عن (١٠٪) وقد تصل إلى حد الجرف أحياناً أو أنها تقع على المناطق العمرانية، كما أن أجزاء مهال يقع على مناطق الزراعة المحصولية ذات تربة رملية لومية منفذة للمياه والغير داعمة لعملية الجريان السطحى.

النتائج

بعد تحليل البيانات والمعلومات حول موضوع الدراسة تم التوصل لعدة نتائج وهي:

١- وقوع منطقة الدراسة ضمن المناطق الجافة أسهم في تنشيط العمليات الجيومورفولوجية فيما يتعلق بتعرية المجاري المائية، ونقل الطمي والفتات الصخري نحو السدود والحفائر.

٢- أثرت العوامل الهيدورمورفومترية على حصاد المياه بمنطقة الدراسة، فمن خلال دراسة مستجمع مياه سد قولو وجد أنه تتميز بالشكل الدائري تنخض فيه قيمة الوعورة وترتفع به نسبة التضرس، الأمر الذي يعمل على تسريع وصول المياه والرواسب التي تحملها إلى الخزان من جميع المنابع.

٣- أوضح البحث أن عملية الإطماء أثرت سلباً على الحفائر والسدود، فقد تم طمر حوالى(٢٦٢٠٠٠)م٣ أو ما يعادل (٤٣,٧٪) من السعة التخزينية للحفائر. أما السدود فهى الأكثر تأثراً بعملية الإطماء والكسور، فقد قفدت حوالى(١٥٩٠٠٠٠) م٣ أي ما يعادل(٧٩,٩٪) من سعاته التخزينية . كما أكد البحث أن سد قولو تعد من أبرز السدود المتأثر بهذه العملية فقد فقد حوالى (٧٥٪) من سعته التصميمية.

٤- أكد البحث أن هنالك عدم مراعاة لعامل الطبوغرافيا في إختيار مواقع السدود. فمن خلال دراسة سد أبوحلة كأحد النماذج فقد إتضحت أن المياه تنحدر رأسياً إلى الخزان من إرتفاع (٨٠)متر علي مسافة أفقية قدرها (٢,٨)كلم بزاوية إنحدار جارفة قدرها (٧١)° مما يشيرإلى أن حدة الإنحدار هذه تعد السبب الرئيس في تدمير السد.

٥- أثبت البحث أن (٣,٢)% فقط من منطقة الدراسة أو ما يعادل (٢٧٧,١)كلم٢ منطقة نموذجية لحصاد مياه الجريان السطحي، بينما بلغ منطقة الملائمة المتوسطة (٤٩,٦)% أو ما يعادل (٤٢٣٤)كلم٢، أما المنطقة الغير ملائمة لعملية حصاد مياه الجريان السطحي فبلغ (٤٧,٢)% أو ما يعادل (٤٠٢٩)كلم٢ من إجمالى المساحة.

التوصيات

١- ضرورة الإهتمام بالمعالجات الحيوية لمشكلات التجوية والعمليات الحتية، وذلك من خلال الإهتمام بتنمية الغطاء النباتي على مستجمعات المياه، ووقف عمليات القطع والرعي الجائرين التى تفضي إلى تسريع نشاط عمليات التعرية الريحية والمائية وإنهيال الرواسب تجاه السدود والحفائر بالإضافة إلى الرهود الطبيعية.

٢- الشروع الفوري في عمل سياج وأحزمة شجرية على حواف الجسور الترابية للسدود التخزينية والحفائر وخاصة في الإتجاهات الشمالية والشمالية الشرقة منها، حتى يعمل على حمايتها من الرواسب الهوائية و التقليل من عملية التبخر.

٣- ضرورة الإهتمام والسعي الجاد لإزالة الإطماء والرواسب من خزانات السدود والحفائر إلى جانب الرهود الطبيعية وتخصيص ميزانيات سنوية بغرض إجراء الصيانة الدورية حتى تتسنى المحافظة على السعات التخزينية لتلك المشروعات.

٤- ضرورة إنشاء العديد من الأحواض الترسيبية علي المجاري الرئيسية المؤدية إلى السدود للتقليل من كمية الرواسب الطمية التى تصل إلى الخزانات.

٥- إيقاف العمل على صيانة أو تأهيل السدود التى أثبتت البحث بأنها متأثرة بعملية حدة الإنحدار و البحث عن مواقع أخرى بديلة تكون أكثر تناسباً لإنشاء السدود من حيث الموقع والموضع.

٦- التركيز على تقنية الحفائر المعيارية بكامل مواصفاتها التصميمية، لقلة تأثرها بعمليات الطمر الهوائي و الإطماء إضافة لإثبات جدواها في حفظ المياه لأطول فترة ممكنة مع قلة فص التلوث.

٧- ضرورة إجراء الدراسات الأولية والتفصيلة المتكاملة والتأكد من صلاحية المواقع قبل الشروع في تشييد مشروعات حصاد المياه وخاصاً السدود التخزينية.

٨- الإهتمام بإجراء المزيد من الدراسات التفصيلية لحوض وادي الكوع للإستفادة من مياهها في تنمية الموارد المائية والزراعية وإنشاء مشروعات حصاد المياه، حيث تصرف هذا الحوض حوالي (٨٣,٧٪) من مياه منطقة الدراسة.

قائمة المصادر والمراجع

١- جودة حسنين جودة وأخرون، وسائل التحليل الجيومورفولوجي،الطبعة الأولي،١٩٩١م.

٢- حسن رمضان سلامة ،أصول الجيومورفولوجيا، دار الميسرة للنشر والتوزيع والطباعة، الإسكندرية، الطبعة الثانية،٢٠٠٧م.

٣- خلف حسن الدليمي، الجيومورفولوجيا التطبيقية، الأهلية للنشرو التوزيع، عمان،٢٠٠١م.

٤- محمدأحمد السيد خليل،تنمية الموارد المائية في الوطن العربي، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، القاهرة،٢٠٠٥م.

٥- سعد عجيل مبارك الدراجي، أساسيات علم سطح الأرض، كنوز المعرفة العلمية للنشر والتوزيع، الأردن،عمان، الطبعة الأولي، ٢٠١٠م.

٦- عبدالرحمن محمد حسن، حصاد المياه في السودان، ملتقي إقتصاديات التنمية المستدامة نحوالأمن المائي، جامعة محمد خضربسكرة،٢٠١١م.

٧- حكمت صبحي الدغشاني وأخرون، دراسة الأنظمة الهيدرولوجية وحصاد مياه الأمطار ضمن المراوح الفيضية في الطرف الشمالي من جبل سنجار بإستخدام معطيات التحسس الناعي،المجلة العراقية لعلوم الأرض المجلد الرابع،العددالأول، ٢٠٠٦م.

٨- عبدالملك بن عبد الرحمن آل الشيخ، حصاد مياه الأمطار والسيول وأهمية للموارد المائية في المملكة العربية السعودية، المؤتمر الثاني للموارد المائية والبيئات الجافة،٢٠٠٦م.

٩- التقارير والخرائط:

١- خريطة الهيئة العامة للمساحة السودانية ٢٠١٤م.

٢- تقرير الجهاز المركزي للإحصاء الفاشر٢٠١٨م.

٣- تقرير منظمة الزراعة والإغذية العالمية، الفاشر ٢٠١٤م.

أ- المقابلات الشخصية:

١- مقابلة محمد إبراهيم نورالدين، الخبير في حصاد المياه، هيئة المياه الجوفية والوديان، ولاية شمال دارفور،٢٠١٨.

ثالثاً المراجع الإنجليزية:

١- Wifag Hassan mahmoud, Integrated Water Resources management and sustainable development in Khartoum State, Dissertation, 2013.

٢- Younis A. Gismalla, Sedimentation in Small Dams of Western Sudan, International Sediment Initiative conference, Unesco Chair Water Resources, Khartoum, Sudan2006.

٣- Michrel. Plee and Jan Teun Visscher, Aguid for planners and project,1992.

٤- Tshegofatso Mosate, Application of rainwater harvesting in semi-aria catchment, Acase study of Notwane catchment,masters (integrated watere resourses management) dissertation, University of Dar Es salaam, 2006.

٥- L. Tamene at.al, 2005, reservoir siltation in Ethiopian determination, source areas, and managmant optins.

Internet Sites مواقع الانترنت:

1- https://en.wikibedia.org/wki/Rainwater/
2- https://www.EatheExplore.com/
3- https://www.mgdytarab.com/
4- https://www.appropedia.org/water-harvesting-in-Sudan/