Journal of Humanitarian and Applied Sciences – مجلة العلوم الإنسانية والتطبيقية
(رقم الإيداع المحلي - 2020/95) – (ISSN: 2706 – 9087) - (معامل التأثير العربي شهادة رقم: 472 – 2020)
كلية الآداب والعلوم قصر الأخيار – جامعة المرقب
Volume 8 – Issue 16 المجلد 8 – العدد 16

# الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لحوض وادي الرمل

**د .عصام عبد السلام عبد الله**
أستاذ مساعد قسم الجغرافيا / كلية الآداب والعلوم قصر خيار جامعة المرقب
*eaalborki@elmergib.edu.ly*

**أ . عزالدين موسى الراجحي**
محاضر بقسم الجغرافيا / كلية الآداب والعلوم قصر خيار جامعة المرقب

**Received: 23/11/2023** | **Accepted:03/12/2023**

Abstract

This research dealt with the study of the hydrogeomorphological harvest of the Wadi Raml Basin, which originates from the Mediterranean northwest of Tripoli to the Mediterranean Sea at a distance of (40 km), where the focus was on the morphometric gain of the basin, its drainage network, and the contributions of hydrogeology and its extent to protecting agricultural lands from some diverse problems such as floods, soil erosion, drought, and desertification. By saving a large amount of water that was wasted without results, he relied on the latest morphometric and hydrological equations that are used in such studies.

**الملخص:**

تناول هذا البحث دراسة الخصائص الهيدروجيومورفولوجية لحوض وادي الرمل الذي ينبع من الحافة الشمالية لجبال طرابلس باتجاه البحر المتوسط بمسافة (40كم) حيث تم التركيز على الخصائص المورفومترية للحوض وشبكته التصريفية وبعض الخصائص الهيدرولوجية ومدى الاستفادة منها في حماية أراضي الحوض من بعض المشكلات البيئية مثل الفيضانات وانجراف التربة والجفاف والتصحر من خلال توفير كميات كبيرة من المياه كانت تضيع هدرًا دون الاستفادة منها، وقد تم الاعتماد على أحدث المعادلات المورفومترية والهيدرولوجية التي تستخدم في مثل هذه الدراسات.

**الكلمات المفتاحية:** المورفومترية، الهيدرولوجية، الحوض، وادي الرمل، الموارد الاقتصادية والمائية.

**مقدمة:**

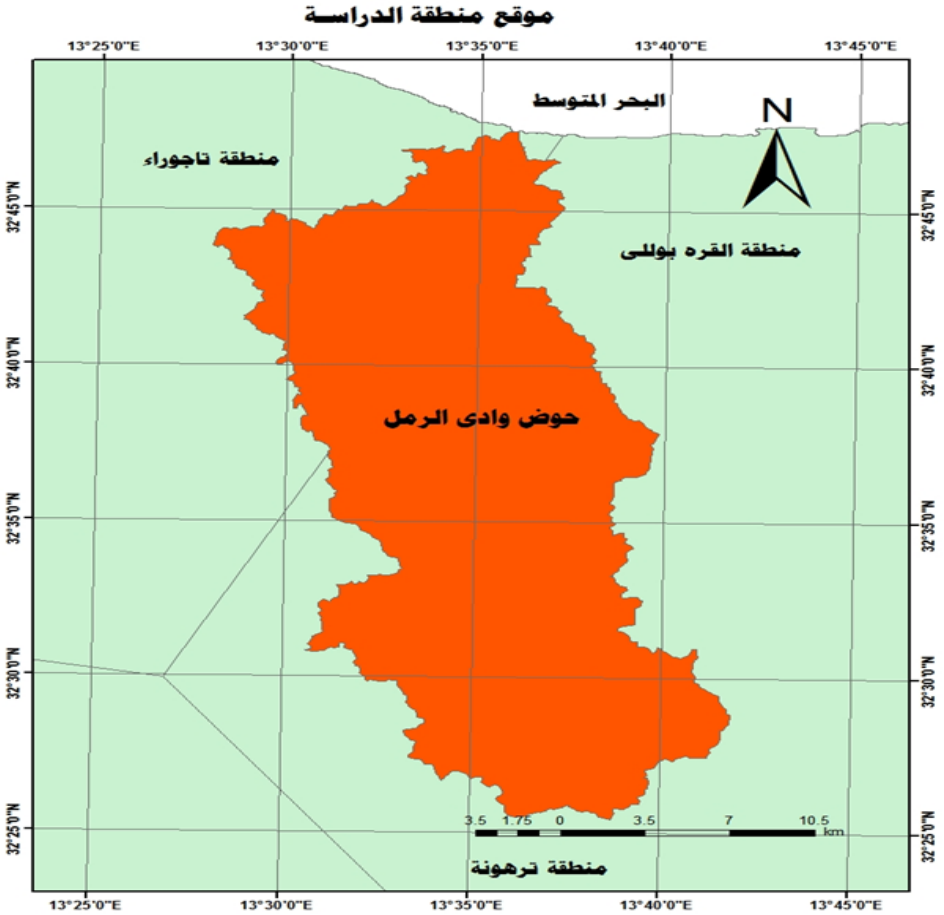
تعد الدراسات الجيومورفولوجية من أهم الدراسات التي ترتبط بجغرافية الموارد لا سيما الموارد الاقتصادية والمائية، بل ولها الدور الأساس في البدء بمشروعات تنموية مختلفة خاصة ضمن أحواض تصريف الأنهار والأودية الجافة، وتزداد هذه الأهمية عندما يكون الهدف هو تطوير وتنمية الموارد المائية فضلا عن كونها في مناطق جافة وشبه جافة، ناهيك عن تطوير وتنمية واستثمار الموارد المعدنية المختلفة.

إن دراسة أحواض التصريف لها أهمية بالغة لدورها الكبير في دراسة وتحديد الموازنة المائية وما يترتب على ذلك من الإحاطة بكميات الجريان السطحي والتسرب وإمكانية استثمارهما بإنشاء السدود التي تتطلب دراسات جيومورفولوجية مستفيضة، وكذلك الحيلولة دون كبر حجم الضائعات المائية بالتسرب أو التبخر وفي هذه المرحلة بالذات ترتقي الجيومورفولوجيا من المستوى التقليدي النمطي إلى المستوى التطبيقي الذي من خلاله تتحقق الفائدة المرجوة من دراسة أحواض التصريف المائي لاسيما في المناطق الجافة

وشبه الجافة التي تتزايد فيها دون غيرها أخطار السيول لندرتها وعدم الاستعداد لها هذا من ناحية، وكذلك مخاطر الجفاف وقلة موارد المياه من ناحية أخرى، والتي تعد صفة ملازمة للمناطق الجافة وشبه الجافة .

يسعى الباحثان من خلال هذه الدراسة إلى تحديد كل الخصائص المورفومترية لحوض وادي الرمل وشبكة تصريفه ومحاولة الربط بين هذه الخصائص وإمكانية تطويعها واستخدامها في خدمة المجال البيئي في نطاق حوض التصريف لوادي الرمل، الذي يقع في شمال غرب ليبيا حيث ينبع من مرتفعات الجبل الغربي وتحديدا من عين الشرشارة خريطة (1) ويتجه شمالاً لمسافة تبلغ (40كم) ليصب في البحر المتوسط عند منطقة سيدي بنور في المنطقة الفاصلة بين منطقتي القره بوللي وتاجوراء، وبذلك تبلغ مساحته (448كم2) متخذا شكلا طوليا من الجنوب إلى الشمال، في دلالة ضمنية على حداثة عمره الذي بدأ رحلته مع بروز جبال طرابلس فوق مستوى سطح البحر في عصر الميوسين، وباستمرار ارتفاع منابعه وزيادة مقدار تراجع البحر بسبب هذا الارتفاع أدى إلى استطالة شكل الحوض وبما أن عمره قصير نسبيا فإنه لم تتح له الفرصة لتوسيع حوضه بآلية النحت التراجعي التي تحدث عند خط تقسيم المياه لأي حوض تصريف .

خريطة (1) موقع منطقة الدراسة (حوض وادي الرمل)



تم تقسيم هذا البحث إلى عدة أجزاء بداية من الخصائص المساحية وكذلك الخصائص الشكلية والتضاريسية والهيدرولوجية وفي النهاية خلص البحث إلى عدة نتائج مهمة جدًا في مجالات التنمية المكانية والبيئية انبثقت منها عدة توصيات من شأنها أن تدعم كل خطط التنمية في نطاق هذا الحوض.

**مشكلة البحث:**

تعد بيئة أحواض التصريف من البيئات التي غالبا ما تحاط بدراسات جيومورفولوجية لاسيما في البيئات شبه الجافة والتي من شأنها أن تمنح الفرصة لاستثمار مياه السيول والحيلولة دون ضياعها والتقليل من مخاطرها وبالتالي تعنى هذه الدراسات بالتقليل من مخاطر الجفاف والفيضانات على حد سواء، إلا أن حوض وادي الرمل لم يحظى بالقدر الكافي من الدراسة التي تسهل من استثماره هيدرولوجيا واقتصاديا بالرغم من امتداده في مناطق ذات أهمية لجانب كبير من سكان شمال غرب ليبيا وبشكل أكثر دقة يمكن صياغة الإشكالية في التساؤلات الآتية:

إلى أي مدى يمكن أن تقدم دراسة الحوض النهري لوادي الرمل جيومورفولوجيا تحديدا واضحا لعمره النسبي وامكانياته الجيومورفولوجية والهيدرولوجية المختلفة.

إلى أي حد كانت شبكة المجاري المائية لحوض وادي الرمل انعكاسا للظروف الجيولوجية أم أن هناك عوامل أخرى أثرت في مساحته وشبكته النهرية وشكله وتضاريسه.

هل للدراسة الجيومورفولوجية للحوض وشبكته دورا جوهريا في تطوير الموارد المائية في نطاق الحوض وما جاوره.

إلى أي مدى أدى امتداد الوادي عبر النطاقين الجبلي والسهلي إلى الحد من إمكانية استثمار مياه السيول فيه.

**فرضيات البحث:**

بالرغم من سقوط كميات مناسبة من المطر بلغت (300ملم) سنويا إلا أن التكوينات الرملية التي تغطي جزءًا كبيرًا من مساحته لاسيما في النطاق السهلي حالت دون كثرة مجاريه في هذا النطاق.

حداثة العمر النسبي للحوض أعطاه الشكل المستطيل وقلل من فرص استثمار السيول فيه.

يعد النطاق الجبلي والأجزاء المتاخمة له داخل حوض وادي الرمل بيئة مناسبة لاستثمار مياه السيول فيه.

بالرغم من حداثة العمر النسبي للحوض إلا أن هناك فرصة جيدة لإيجاد ملامح مراحل التطور المختلفة على مجرى الوادي الرئيس.

هناك علاقة قوية بين أعداد المجاري المائية ونوع التكوينات الجيولوجية السائدة.

**أهداف البحث:**

يهدف البحث إلى تحقيق ما يلي:

معرفة أثر كل من كميات الأمطار والتكوينات الجيولوجية في شكل الشبكة النهرية للحوض وأعداد المجاري فيه.

معرفة دور عمر الحوض في قلة استثمار مياه السيول فيه، أم أن الأمر لا يعدو كونه عدم اهتمام الجهات المختصة بهذه النشاطات.

معرفة أسباب عدم استثمار مياه السيول في الوادي وارجاعها إلى مسبباها في كونها أسباب إدارية أم مالية أم فنية أم جيومورفولوجية أم أسباب جيولوجية.

دراسة العلاقات الكامنة بين عناصر الحوض وعناصر الشبكة والعناصر الجيولوجية والمناخية ومحاولة الاستفادة منها في خدمة المجال البيئي للحوض.

**الخصائص المورفومترية لحوض وادي الرمل:**

من المشكلات التي تعاني منها المناطق الجافة وشبه الجافة والتي منها منطقة الدراسة (حوض وادي الرمل) هي تلك المتعلقة بالجفاف والفيضانات والتي تكون انعكاسا تاماً لفترات مطيرة وسنوات جافة دون المتوسط، وتفادياً لحدوث أي تبعات بيئية خطيرة في مثل تلك المناطق وجبت دراسة أحواض التصريف فيها دراسة مورفومترية عميقة تضع الأساس المتين والمناسب لدراسات لاحقة تعنى بحصاد مياه السيول فيها، والتي لن تكون ذات فاعلية إلا إذا تمت الدراسة المورفومترية للأحواض لتتوضح مكامن الخطر الجيومورفولوجي والهيدرولوجي وكذلك تسهل عمليات السيطرة والإدارة من أجل تفادي حدوث ظاهرتين خطيرتين متلازمتين مع المناطق الجافة وشبه الجافة ألا وهما (الجفاف والفيضانات).

يقصد بمصطلح مورفومتري عملية التحليل الرقمي للبيانات المستخلصة من الخرائط لأشكال الأرض المختلفة، ولكن هذا المصطلح تطور ليشمل كل البيانات المجمعة من مصادر أخرى (القياسات الحقلية، والصور الجوية، وصور الأقمار الاصطناعية)، وهي بذلك تعد الأساس للدراسة الجيومورفولوجية وللتنبؤ بما كانت عليه المنطقة وما ستؤول إليه لاحقا (عبد الحميد كليو، 1988، ص7).

كما تعد دراسة التحليل المورفومتري لأحواض التصريف من الوسائل المهمة في إبراز العوامل المؤثرة في تشكيلها والتعرف على المراحل الجيومرفولوجية التي مرت بها وتفسير أشكال سطح الأرض المرتبطة بها، وبشيء من الدقة تعنى الدراسة المورفومترية للحوض المائي بتمييز الشكل الهندسي للحوض وحساب العلاقة المتبادلة بين مساحة الحوض وأبعاده المختلفة مع الأخذ في الاعتبار مجموعة العوامل الأخرى وهي (التركيب الصخري لسطح الحوض، وبنية الطبقات الأرضية، وكذلك الظروف البيئية وخاصة المناخية)، (فتحي أبو راضي، 2003، ص125).

تمت دراسة حوض وادي الرمل بالاعتماد على برامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS) بالتعامل مع نموذج (Aster Gdem) بحيث يعطي نموذجًا للارتفاع الرقمي (Dem) بدقة (30*30م) لعام (2009) بشكل أمكن من خلاله التوصيف الدقيق لبيئة الحوض الجيومورفولوجية من خلال دراسة مجموعة من العناصر وعلى النحو الآتي:

أولا: الخصائص المساحية:

**المساحة:**

تعد المساحة انعكاسًا مباشرًا لعمر الحوض وتركيبه الصخري لما لها من علاقة واضحة بشكل شبكة التصريف النهري للحوض، وما أعداد المجاري وأطوالها إلا نتيجة للمساحة الحوضية والتي في النهاية تنعكس على حجم التصريف والرواسب والكثافة التصريفية، وفي المحصلة تعطي صورة واضحة عن عمر الحوض ومرحلته الجيومورفولوجية التي يمر بها، ومع الترابط مع الظروف المناخية وعوامل أخرى أقل تأثيرًا يمكن التعامل مع التصريف النهري للحوض وإدارته واستثماره.

وادي الرمل من الأحواض صغيرة المساحة وحديثة النشأة حيث تبلغ مساحته (448كم2) وهذه المساحة تعد صغيرة جدًا مقارنة مع أحواض أودية أخرى تشاركه في منطقة المنبع والروافد العليا مثل حوضي (تاجموت وتارغلات)، ومرد ذلك حداثة عمره الجيومورفولوجي النسبي حيث بدأ بالظهور منذ عصر (الميوسين) بعد بداية ظهور الحافة الجبلية والتي تمثل منطقة روافده العليا مع

تراجع مستمر للبحر المتوسط نحو الشمال، ولم تمنحه حداثة عمره فرصة لتوسيع حوضه في جميع الاتجاهات بل كان الحوض يأخذ الشكل الطولي الذي يعكس التأثر المطلق ببروز الجبل وتراجع البحر.

**طول الحوض:**

يبلغ طول الحوض حوالي (40كم) تبدأ من محيط عين الشرشارة على مرتفعات ترهونة بالاتجاه شمالا حتى ساحل البحر المتوسط، ويعد من الأحواض ذات الطول المحدود لحداثة عمره، كما أن بروز الحافة الجبلية بصخورها الصلبة التي تنتمي لتكوين (سيدي الصيد) وبالتالي منعت الحوض من النحت التراجعي بالاتجاه جنوبا الامر الذي حد من طوله خاصة وأن ساحل البحر قريب بالاتجاه شمالا حيث ينتهي الحوض.

متوسط عرض الحوض:

تم حساب متوسط عرض الحوض من خلال قسمة المساحة على الطول أي أنه يبلغ:

$$\text{متوسط عرض الحوض} = \frac{448}{40} = 11.2$$

ومن خلال هذه القيمة يتضح أن حوض وادي الرمل ليس من الأودية العريضة حيث أنه لم يتجاوز (30%) من الطول ومن هذه العلاقة تبرز بوضوح أن وتيرة تراجع البحر وبروز الجبل كانتا أسرع من فاعلية النحت التراجعي شرقا وغربا على جانبي الحوض، لاسيما وأن نظام بنية الطبقات أفقي تماما وكذلك شدة صلابة الصخور المتكشفة عند الحافة الجبلية لا تشجع على النحت التراجعي جنوبا، ولكن للحركات التكتونية رأي آخر حيث حسمت الأمر لصالح طول الحوض مقابل عرضه الأمر الذي أدى إلى استطالة الحوض وما يترتب عليه من فرض ظروف بيئية معينة قد تؤثر في عمليات استثماره بشكل أو بآخر.

**محيط الحوض:**

إن معرفة محيط الحوض له أهمية بالغة في الدراسات المورفومترية للأحواض المائية لكونه يدخل في حساب بعض العناصر الجيومورفولوجية للحوض ومن ثم المقدرة على فهم بعض من ملامحه التي تميزه عن غيره.

بلغ محيط حوض وادي الرمل حوالي (151.5كم) وتم قياسه بتتبع خط تقسيم المياه الذي يفصله عن الأحواض المجاورة له، وهو بهذه القيمة يعد من الأحواض صغيرة المحيط بسبب صغر المساحة، ومن خلال تتبع هذا المحيط نجده مليئا بالتعرجات صغيرة المدى وذلك ناتج عن صغر المساحة التي فرضت اختلافات ليثولوجية محدودة الأمر الذي أدى إلى تشابه استجابة الصخور للنحت في الأحواض المجاورة، إضافة إلى تشابه المرحلة الجيومورفولوجية فيها تقريبا، فضلا عن التشابه الكبير في كل الظروف المناخية لا سيم الأحواض المجاورة له من ناحيتي الشرق والغرب.

**ثانيا: الخصائص الشكلية لحوض وادي الرمل:**

تستخلص من دراسة شكل الحوض بعض المدلولات والحسابات التي لها علاقة مباشره بالنشاط الجيومورفولوجي الذي شكل الحوض وساهم في تطوره عبر مراحل الدورة الجيومورفولوجية، وهذه المدلولات ما هي إلا انعكاس تام لصورة الحوض الراهنة حيث تعتمد في حسابها على أبعاد الحوض ومساحته (فتحي ابو راضي، 2003، ص 126).

إن شكل الحوض يؤثر على كميه الجريان وبالتالي عمليات الهدم والبناء داخل حدود الحوض وكذلك زمن تصرف الحوض (احمد صالح، 1999، ص46) وفيما يلي دراسة الخصائص الشكلية للحوض من خلال استخدام المعادلات الأتية:

نسبة الاستدارة: $\frac{4 \text{ ط*مساحة الحوض}}{\text{محيط الحوض}}$ = (miller,1953,p.4)

نسبة الاستطالة: $\frac{\text{قطر دائرة مساوية لمساحة الحوض}}{\text{طول الحوض}}$ = (عبدالحميد كليو،1988،ص64)

معامل الشكل: $\frac{\text{مساحة الحوض كم}2}{\text{مربع طول الحوض}}$ = (Gregory,and walling,1979,p.51)

من خلال استخدام هذه المعادلات تم الحصول على النتائج المبينة في الجدول (1)

جدول (1) قيم الخصائص الشكلية لحوض وادي الرمل

| المعامل | القيمة | القيمة التامة للمعامل | الوصف |
|---|---|---|---|
| الإستدارة | 0.23 | 1 | غير دائري |
| الاستطالة | 0.59 | 1 | طولي متوسط |
| معامل الشكل | 0.28 | 1 | غير منتظم |

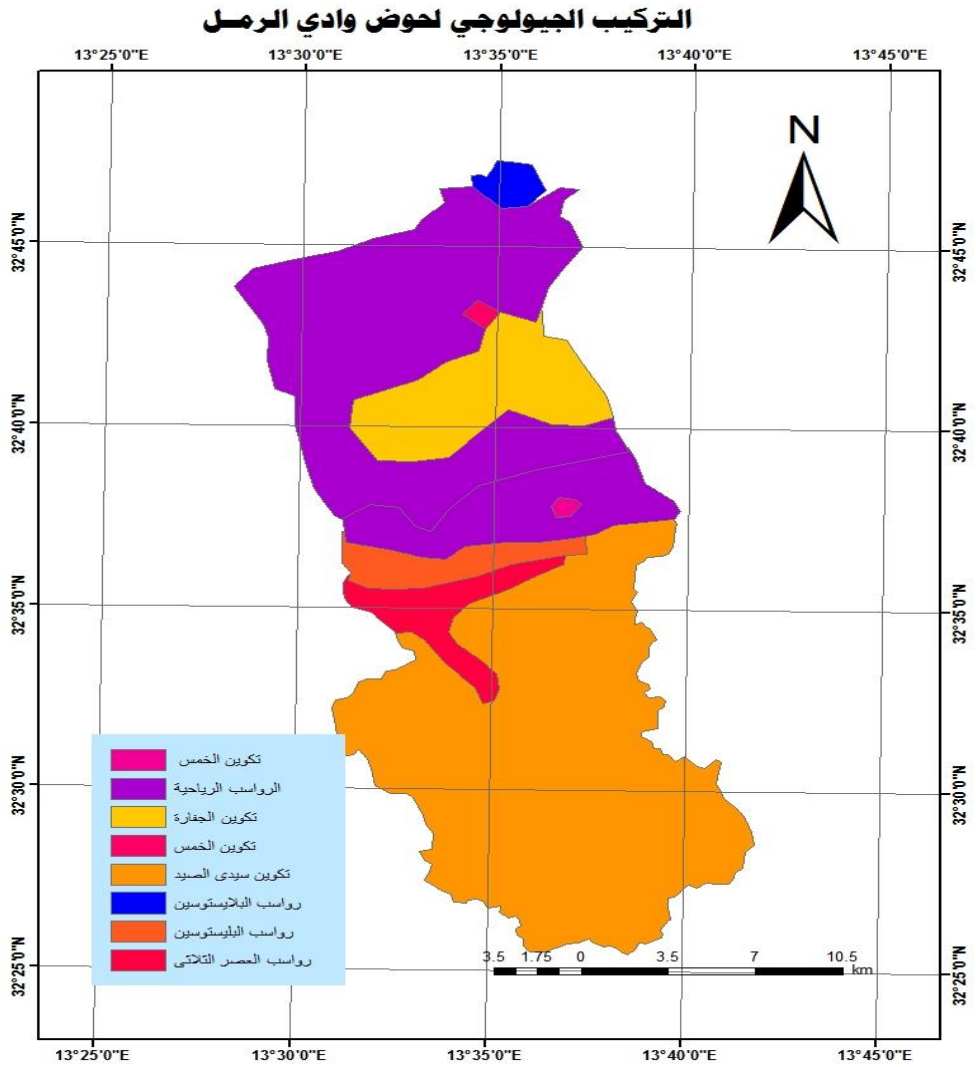
المصدر: إعداد الباحثان باستخدام المعادلات المذكورة.

من خلال الجدول السابق نلاحظ أن كل المعاملات المتعلقة بالشكل تشير إلى عدم اكتمال أو نضج الحوض ويمكن وصفه بأنه ما زال متأثرا بملامح مرحلة الطفولة حسب (ديفيز) خاصه في الجزء الذي يخترق النطاق الجبلي في جنوب الحوض، وهذا ما يؤكده وجود الكثير من نقاط التغيير والبرك الغاطسة في مجاري الحوض اضافه الى المجاري الضيقة والخوانق والجنادل الأمر الذي يؤكد حداثة عمر الحوض وصعوبة التنبؤ بسلوك مجاريه أثناء الفيضان، وكذلك صعوبة تقدير خطورته الجيومورفولوجية الأمر الذي ينعكس على امكانيات استثمار مياه السيول فيه، وتجدر الإشارة إلى أن ملامح الطفولة قد تنسحب مقابل بروز ملامح الشباب وذلك في نطاق سهل الجفارة الأقل انحدارًا، وهنا قد تتغير كل الظروف الجيومورفولوجية ونواتج نشاط عملياتها التي أسهمت في تشكيله وتطوره التحاتي ضمن هذا الجزء من الحوض، وفي ظل هذا التنوع قد تظهر بعض المرونة في التعامل مع الملامح الجيومورفولوجية في إطار استثمار إمكانيات الحوض البيئية هذا من ناحية، ومن ناحية أخرى قد تواجه خطط التنمية تلك بعض الصعوبات المتعلقة بخصوصية كل جزء من الحوض وإمكانية التعامل مع تفاصيله الجيومورفولوجية وتطويعها كاملة خدمة للمجال البيئي في نطاق الحوض.

**ثالثا: الخصائص التضاريسية لأحواض التصريف:**

المقصود بالخصائص التضاريسية هو شكل تضاريس الحوض وحجمها والتي في مجملها تعكس قوة عوامل التعرية ونشاطها والاختلافات الليثيولوجية خريطة (2) والمناخية والتكتونية، ويفاد من دراستها في معرفه الكثير عن الحوض، مثل عوامل النشأة وتحديد المرحلة العمرية للدورة الجيومرفولوجية اضافه إلى تفسير الخصائص الحوضية الأخرى وبخاصة المساحة وخصائص الشبكة المائية (عواد موسى، 2003، ص 160)، وسيتم تناول الخصائص التضاريسية بالتفصيل فيما يأتي:

خريطة(2)التركيب الجيولوجي لحوض وادي الرمل




التضاريس القصوى: عبارة عن وصف مباشر للفرق بين أعلى وأدنى منسوب في الحوض وتحسب بطرح أدنى نقطة في الحوض من أعلى نقطة وبالتالي فهي تعطي دلالات مبدئية عن مدى التغير في الارتفاع والانخفاض وعلى أساسه تحسب بعض المعاملات والخصائص التضاريسية الأخرى حيث تعد أولى مراحل التحليل التضاريسي ومن ثم تأتي بقية التحليلات الأخرى.

من المعلوم ان التضاريس القصوى للأحواض المائية ترتبط ارتباطا طرديا مع كميات المواد المنجرفة بمعنى أنه بزيادة التضاريس القصوى تزداد قوة المياه الجارية وأخطار السيول (عواد موسى،2003، ص165)، وهذه العلاقة القوية ناتجة عن الانحدار الناتج بدوره عن فرق الارتفاع بين أدنى وأقصى ارتفاعين في الحوض وتزداد الخطورة مع صغر مساحة الحوض.

نسبه التضرس: يعكس هذا العامل بشكل مباشر درجة انحدار سطح الحوض على أساس قياس العلاقة بين التضاريس القصوى وطول الحوض، وترتفع قيمه هذا المعدل بزيادة الفارق بين أعلى وأدنى منسوب وصغر المساحة (حسن سلامة، 2004، ص 183) وتعد

نسبة التضرس مؤشرًا جيدًا يمكن استخدامه في بيان العمليات الجيومورفولوجية في الأحواض، وتحسب من المعادلة الاتية: (عبد الحميد كليو، 1988، ص68).

$$\text{نسبة التضرس} = \frac{\text{الفرق بين أعلى وأدنى نقطة في الحوض م}}{\text{أقصى طول للحوض كم}}$$

ومن خلال استخدام هذه المعادلة تم التوصل للنتائج المبينة في جدول (2).

جدول (2) قيم الخصائص التضاريسية لحوض وادي الرمل

| المعامل | التضاريس القصوى | نسبة التضرس | التضاريس النسبية | التكامل الهبسومتري | قيمة الوعورة |
|---|---|---|---|---|---|
| القيمة | 512 | 8.59 | 1.93 | 0.90 | 0.62 |

المصدر: إعداد الباحثان.

التضاريس النسبية: يعالج هذا المعامل العلاقة بين التضاريس وطول المحيط (خط تقسيم المياه) وما هي إلا صورة أخرى من صور نسبة التضرس إلا أن الأخير يحسب التضاريس إلى طول الحوض في حين تدرس التضاريس النسبية التضاريس مع طول المحيط، وعليه فإن نتائج المعامل تعكس العلاقة المباشرة بين خط تقسيم المياه والتضاريس القصوى وتحسب من المعادلة الاتية:

$$\text{التضاريس النسبية} = \frac{\text{التضاريس القصوى}}{\text{طول خط تقسيم المياه}} \qquad \text{(Melton,1957,p.5)}$$

هذا يعني أنه كلما زاد طول محيط الحوض تقل تضاريسه النسبية، ومن خلال الجدول (2) يلاحظ أنه كلما زادت المساحة زادت قيم المحيط ومتوسط العرض وطول الحوض وبالتالي فإن ذلك ينعكس مباشرة على قيم التضاريس النسبية التي تقل مع زيادة قيم أبعاد الحوض المذكورة، ويلاحظ أن أقوى العلاقات للتضاريس النسبية تكون مع نسبة التضرس حيث بلغت قيمة الارتباط (97%)، وخلاصة القول إن التضاريس النسبية ما هي إلا نتيجة مباشرة لقيم اطوال خط تقسيم المياه ومساحة الحوض.

التكامل الهبسومتري: يعد من الوسائل أو المعاملات التي تصف الفترة الزمنية المقطوعة من الدورة التحاتية لأحواض التصريف (محمد تراب، 1984، ص 182)، وقد تم الاعتماد على المعادلة الآتية لحساب معامل التكامل الهبسومتري.

$$\text{التكامل الهبسومتري} = \frac{\text{مساحة الحوض كم}^2}{\text{التضاريس القصوى م}} \qquad \text{(فتحي ابو راضي، 2003، ص 129)}$$

تتكامل قيمه هذا المعامل (من صفر الى 100) وتشير زيادة قيم التكامل الهبسومتري على كبر مساحة الحوض نتيجة للكثافة التصريفية الكبيرة مع انخفاض قيم تضاريسها الحوضية مما يدل على تقدم عمر الحوض، بمعنى أنه تتناسب قيم التكامل الهيبسومتري طرديا مع الفترة التي قطعها الحوض في دورته التحاتية (فتحي ابو راضي، 2003، ص 129) وباستخدام المعادلة سالفة الذكر تم التوصيل إلى النتائج المبينة في الجدول (2).

قيمه الوعورة: يتميز هذا المعامل بأنه يصور العلاقة بين أكثر من متغيرين من متغيرات الحوض، أي إنه عبارة عن علاقة مركبة فهو يعالج العلاقة بين مساحة الحوض وطوله وتضاريسه، وقد تم استخراج قيمة الوعورة باستخدام المعادلة الآتية:

قيمة الوعورة = $\frac{\text{تضاريس الحوض م} * \text{كثافة التصريف}}{1000}$ (Strahler,1958,p.289)

وترتفع قيمه الوعورة عند زيادة التضرس الحوضي إلى جانب زيادة أطوال المجاري المائية على حساب المساحة وبناء على هذه المعادلة تم التوصل إلى النتائج المبينة في الجدول (2).

**رابعا: الخصائص المورفومترية لشبكة التصريف:**

تعد شبكه التصريف المائي أو النهري المحصلة النهائية لارتباط نوع الصخر ونظامه من جهة، والظروف المناخية السائدة من جهة اخرى، فمن المعروف أن شكل شبكة التصريف النهري يتوقف على نفاذية الصخر ومدى تجانسه ودرجة صلابته، إلى جانب طبيعة الانحدار الأصلي لسطح الارض، وأثر حركات التصدع وحركات الرفع التكتونية في تعديل المظهر العام لشكل التصريف المائي وتحديد نشاط مجاريه، بالإضافة إلى درجة التطور الجيومورفولوجية لحوض التصريف نفسه (فتحي ابو راضي، 2003، ص 131).

في هذه الدراسة تم تحديد الشبكة المائية بواسطة الصور الفضائية، حيث تم الاعتماد في استنباط الشبكة المائية للحوض المدروس على صور القمر الصناعي نايل سات (8 – 2008)، اذ تمنح هذه الصور سهولة ودقة متناهيتين في التعامل مع المجاري بغض النظر عن حجمها وبالتالي أمكن تحديد مزايا وخصائص الشبكة المائية وتفسير دلالاتها البيئية والحوضية وفعل الجريان المائي (حسن سلامه، 2013، ص 185).

تشمل دراسة التحليل المورفومتري لشبكة التصريف عدة عناصر مهمة لا يمكن تجاوزها في مثل هذه الدراسات وهي مبينة في الجدول (3) وعلى النحو الاتي:

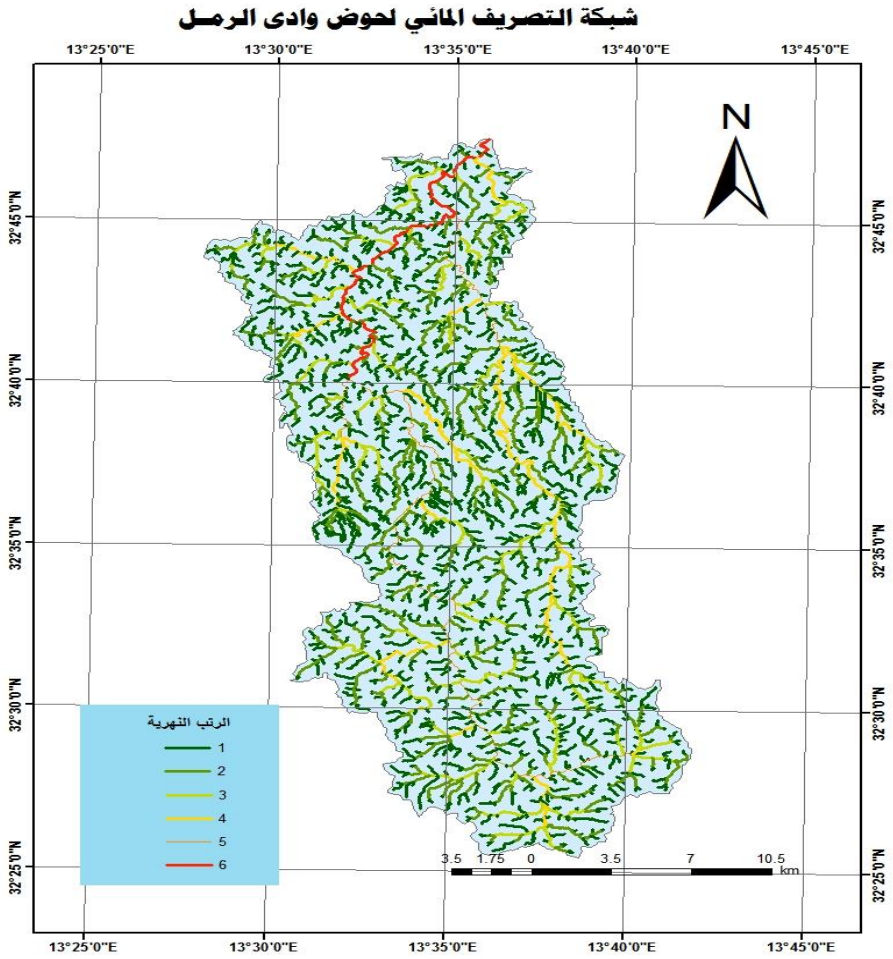
جدول (3) أهم الخصائص المورفومترية لشبكة التصريف لحوض وادي الرمل

| المعامل | الرتب | عدد المجاري | مجموع أطوال المجاري كم | تكرار المجاري | نسبة التقطع النسيج الطبوغرافي | كثافة التصريف كم/كم2 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| القيمة | 5 | 387 | 562 | 0.84 | 2.45 | 1.22 |

المصدر: إعداد الباحثان.

رتب المجاري المائية: من أولى الخطوات التحليلية لشبكة التصريف المائي الإحاطة بكل روافد النهر بغض النظر عن الحجم والاتجاه والعدد والتي تظهر في هيئه شبكه تتوالى فيها نقاط الالتقاء بين هذه المجاري، ومن ثم يتم تصنيفها حسب موقعها من الشبكة ومن الوادي الرئيس لتصنف على هيئه رتب كل رتبه لها خصائصها التي تميزها عن غيرها من حيث (الحجم والطول والموقع بالنسبة للحوض وبالنسبة للمجرى الرئيس)، وعادة ما تكون هذه الرتب صغيرة الحجم وقصيرة الطول وكثيرة العدد في الرتب الدنيا وتزداد حجما وطولا وتقل عددا بالاتجاه من الاطراف إلى الوادي الرئيس حيث تبدأ بمجارٍ صغيرةٍ وكثيرةٍ تمثل الرتبة الأولى وتلتقي الأخيرة لتكون مجاري الرتبة الثانية والتي بدورها تلتقي لتكون مجاري الرتبة الثالثة وهكذا فتقل عددًا وتزداد سعةً من سابقتها (خلف الدليمي، 2012، 369)، ومعروف أن هناك طرقا مختلفة لتصنيف الرتب النهرية وترتيبها وفي هذه الدراسة تم الاعتماد على تصنيف ( ستريلر 1952) لتمثيل وترتيب الرتب في حوض وادي الرمل خريطة(3) .

خريطة(3) شبكة التصريف المائي لحوض وادي الرمل




أعداد المجاري المائية: من خلال استنباط الشبكة المائية لحوض وادي الرمل تبين أن مجموع أعداد المجاري في كل الرتب قد بلغ (387). موزعه على خمسة رتب جدول (3) وبالتأكيد فان أكثرها عددا هي الرتبة الأولى (305) مجرى بنسبة مئوية بلغت (78.81%).

3. أطوال المجاري المائية: تعكس ظروف الاحواض الجيومورفولوجية والجيولوجية وكذلك المناخية الصورة العامة لشبكاتها المائية، وتكون خصائص هذه الشبكات مختلفة من حوض إلى آخر حسب اختلافات الظروف الحوضية المذكورة، ولعل من العناصر التي تتأثر بجيومورفولوجية الحوض وجيولوجية ومناخه (اطوال المجاري المائية) التي تكون انعكاسا مباشرا لتلك الظروف، وتختلف أطوال المجاري المائية في حوض وادي الرمل وذلك حسب اختلافات الرتبة التي تتبعها، وما يفرضه هذا الاختلاف من موقع بالنسبة للوادي الرئيس وبالنسبة لتضاريس الحوض، فتكون المجاري كثيفه وقصيره في الرتب الدنيا، وتقل عددا وتزداد طولا بالاتجاه نحو الوادي الرئيس الذي عاده ما يكون هو الاطول على الاطلاق داخل حوض التصريف.

4. تكرار المجاري المائية: يقصد بها عدد المجاري التي توجد في حوض معين مقسوما على مساحة هذا الحوض ويمكن الحصول عليها بالمعادلة الآتية (لهورتون 1945) (عبد الحميد كليو، 1988، ص 94).

5. معدل النسيج الطبوغرافي "نسبه التقطع": يقصد به عدد المجاري المائية والمسافات التي تفصل بينها، ويعطي النسيج الطبوغرافي صوره واضحة عن مدى نمو الشبكة المائية في الحوض، اضافه الى انه يعبر عن مدى تقطعه بالمجاري المائية، والمرحلة الجيومرفولوجية التي وصل اليها في دورته التحاتية، ويتوقف معدل النسيج الطبوغرافي على مناخ الحوض وبخاصه الامطار، وكذلك النبات الطبيعي، ونوع التربة، ومقدار التسرب، والتضاريس، (عواد موسى، 2003، ص 169).

وقد صنفت النتائج التي توضحها قيمه معدل النسيج الطبوغرافي بشكل عام في ثلاثة فئات هي:

احواض ذات نسيج ناعم، وتزيد فيها قيمه الناتج عن (10)

احواض ذات نسيج متوسط، وتتراوح فيها قيمه الناتج بين (4-10)

احواض ذات نسيج خشن، وتقل فيها قيمه معدل النسيج عن (4)

ويتأثر النسيج الطبوغرافي كغيره من المقاييس المورفومترية لخصائص شبكه التصريف النهري بعده عوامل منها (كميه الامطار، درجه تضرس، نوع الصخر ونظامه، الرواسب السطحية ومحتواها من الرطوبة)، (فتحي ابو راضي 2003، ص 146، 147) وهو يشبه تماما معامل تكرار المجاري الا ان الاخير يأخذ في الاعتبار عدد المجاري بالنسبة للمساحة، في حين يعنى معدل النسيج الطبوغرافي بعدد المجاري بالنسبة لطول المحيط. وعلى ايه حال فانه يمكن الحصول على نسبه التقطع بالمعادلة الآتية (لسميث 1950).

6. نسبه التشعب (التفرع): تعرف نسبه التفرع أو التشعب بانها النسبة بين عدد المجاري التابعة لأي رتبة إلى عدد المجاري التابعة للرتبة الأعلى منها مباشرة، وقد أوضح (ستريلر 1954) بأنه عند دراسة أحواض نهرية مختلفة ولكنها تتشابه من حيث البنية والتركيب الجيولوجي وكذلك الظروف المناخية، فإن نسبة التفرع بين رتب مجاريها تظل شبه ثابته من حوض الى اخر، وغالبا ما تتراوح نسبة التفرع في معظم الأحواض النهرية العادية بين( 3-5) ( عبد الحميد كليو، 1988، ص 84)، وقد تم حساب نسبة التشعب لحوض وادي الرمل من خلال العلاقة سالفة الذكر جدول(4).

جدول (4) نسبة التشعب في الشبكة المائية لحوض وادي الرمل

| الرتبة | عدد المجاري | نسبة التشعب |
|---|---|---|
| 1 | 305 | / |
| 2 | 64 | 4.77 |
| 3 | 15 | 4.27 |
| 4 | 2 | 7.5 |
| 5 | 1 | 2 |

المصدر: إعداد الباحثان.

**خامسا: الخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف:**

يتميز حوض التصريف المدروس بتباين خصائصه الهيدرولوجية بناء على الاختلاف في البنية والتركيب الجيولوجي، وكذلك اختلاف درجات انحدار السطح ونوع التربة التي تغطيه، اضافة الى تأثير العناصر المناخية فمثلا يتأثر التسرب والجريان السطحي بشده المطر واتجاه العاصفة وكذلك كميات المياه الهاطلة، كما إن لبعض الخصائص المورفومترية تأثيرا واضحا على هيدرولوجية الحوض حيث تؤثر أعداد المجاري ورتبها ونسبة التفرع وكثافة التصريف على معدلات الجريان السطحي، فكلما زادت أعداد المجاري في حوض

التصريف كلما زادت كفائة شبكته في نقل الجريان السطحي وما به من حمولة عالقه أو مجرورة ويمكن معرفه أهم الخصائص الهيدرولوجية لحوض وادي الرمل من خلال دراسة العناصر الأتية:

زمن التباطؤ: من أهم العناصر الهيدرولوجية المؤثرة على حجم المياه المتسربة والجريان السطحي، لكونه يحدد مقدار ما يتسرب في طبقات التربة خلال زمن معين.

يعرف زمن التباطؤ بأنه الوقت الفاصل بين بداية التساقط وبداية الجريان السيلي، ويزداد هذا الوقت بقله الانحدار وارتفاع مسامية التربة، والصخور المتشققة والأسطح كثيف' الغطاء النباتي والعكس صحيح، اضافه الى بعض العوامل الاخرى مثل (درجة الحرارة، وطبيعة المطر وزمن هطوله، ولمعرفة زمن التباطؤ تم الاعتماد على المعادله الآتية:

زمن التباطؤ=1.6(مساحة الحوض * 0.3/الجذر التربيعي لمتوسط انحدار الحوض *كثافة التصريف)

من خلال من خلال تطبيق المعادلة السابقة تم التوصل الى النتائج المبينة في الجدول (5).

جدول (5) زمن التباطؤ والتصرف لحوض وادي الرمل

| المعامل | زمن التباطؤ/ دقيقة | زمن التصرف/ ساعة |
|---|---|---|
| القيمة | 2.48 | 1.82 |

المصدر: عمل الباحثان.

زمن تصرف الحوض: هو الزمن اللازم للحوض لكي يصرف المياه الجارية على سطحه( مياه الامطار) من أي جزء على الحوض حتى وصولها للمصب، وهذا العنصر له تأثير مباشر على امكانية حصاد مياه الامطار من خلال تأثيره على زمن تجمع المياه في نقطه معينه عند المصب، فكلما كان الزمن قصيرا كانت المياه اكثر قوة واندفاعا، مما يؤثر سلبا على المنشآت المعنية بحصاه مياه السيول في ذلك الحوض، ومع زياده زمن التصرف تزداد فرص التسرب والتبخر، مما يقلل من خطورتها نسبيا، وتزداد فرص استيعاب معظمها في المنشآت المقامة لذلك، ويقاس زمن التصرف من خلال المعادله الآتية ( هاني مشاضي، 2005،ص 143).

$$\text{زمن تصرف الحوض بالساعة} \frac{(\text{طول المجرى الرئيس كم}) * 0.305) 1.15}{7700 (\text{التضاريس الحوضية}) * 0.305) 0.38}$$

من خلال تطبيق هذه المعادله تم التوصل الى النتائج المبينة في الجدول (5).

التسرب: يعد التسرب من أهم العناصر في الدورة المائية، وفي كثير من الأحيان نجد أن جزءا كبيرا من مياه الأمطار يتسرب إلى التربة ويتحرك خلالها ويكون معدل حركه المياه محدودا بقيود معينة، وعليه نجد أن التكهن بكمية التسرب خلال التربة أحد الاهداف في كثير من التطبيقات الهيدرولوجية وأحد المشكلات الرئيسية التي تواجهها (محمود السلاوي، 1989، ص 109)

يجب التفريق بين كل من (معدل أو سرعه التسرب) ويقصد بها سرعه دخول الماء في التربة تحت الظروف السائدة، (وطاقة التسرب) والتي تعبر عن اقصى معدل لهذه السرعة، فاذا كان معدل الهطول اقل من طاقة الرشح الابتدائية للتربة فلن يحدث جريان سطحي، ولكن عندما تنخفض طاقة التسرب الى معدل أقل من معدل الهطول فمن الممكن حدوث الجريان السطحي.

تؤثر في عمليه التسرب خلال التربة عدة عوامل نذكر منها ( نوع التربة، ورطوبتها، كثافة الغطاء النباتي، والتضاريس، وشدة المطر، ونوع صخور السطح، و التبخر، والزمن) اضافة الى بعض العوامل الثانوية مثل( انضغاط التربة بسبب الهطول، وتجمع حبيبات التربة الدقيقة في مسام التربة، ودرجه الحرارة، والهواء المحبوس في مسام التربة) كما ان زياده اعداد الحيوانات في المناطق ذات الغطاء النباتي الفقير ووقع اقدامها على الارض باستمرار يؤدي الى تفكك التربة وزيادة نعومة حبيباتها مما يدمر نسيجها ويسد مسامها وبالتالي انخفاض طاقة التسرب، ومن ثم زيادة معدل الجريان السطح (عبدالحميد كليو، 1985،ص 17 -18) وتبقى الإشارة الى أن معدلات الرشح أو التسرب تتأثر بنوع صخور السطح، حيث يكون الرشح أعلى ما يمكن في التكوينات الجيرية (0.0158 م3 / ساعة)، ثم التربة والتكوينات الرملية (0.0120-0.0080 م3 / ساعة) وأقل ما يمكن في التربة والتكوينات الطينية (0.0020 م3 /ساعة) ( محمد الشبلاق، عمار عمار، 1998،ص21)

خلاصة القول إن كل من التسرب والتبخر لا يؤثران على كميات الجريان السطحي بشكل كبير وأن الأخير يستحوذ على القدر الأكبر من كميه التساقط، كما إن كميات المياه المتسربة لا تعد من الفواقد لكونها ستجد طريقها إلى تغذية النباتات إذا كانت على هيئة رطوبة تربة، أو لتغذية المياه الجوفية وفي كلتا الحالتين فإنها ذات فائدة ولا يمكن عدها من الفواقد إلا في حاله حساب أو تقدير معدلات الجريان السطحي، لكونه من العوامل المؤثرة على الجريان السطحي وامكانية تقديره واستثماره.

التسرب خلال زمن التباطؤ: يقصد به كميه المياه المتسربة خلال التربة أثناء زمن التباطؤ بالمتر المكعب، وهذه الكمية تتسرب خلال فترة زمنية قصيرة (عدة دقائق) ولكن بمعدلات كبيرة ما تلبث أن تنخفض تدريجيا حتى يصبح التساقط أكبر من قدرة التربة الامتصاصية، وعندها يبدأ الجريان السطحي للماء، وفي ذات اللحظة ينتهي زمن التباطؤ، ولاستخراج كمية التسرب خلال زمن التباطؤ تم استخدام المعادله الأتية:

التسرب خلال زمن التباطؤ= م* ز* ث (هاني مشاضي، 2005، ص 162)

حيث ان:

م = مساحة الحوض

ز= زمن تصرف الحوض

ث= مقدار ثابت يعبر عن نوع الصخر وقد تمت الإشارة إليه سابقا، ومن خلال المعادلة السابقة تم التوصل الى النتائج المبينة في الجدول (6).

جدول (6) قيم التسرب في حوض وادي الرمل وصافي الجريان

| المعامل | التسرب/زمن التباطؤ م3 | التسرب/زمن التصرف م3 | التسرب الثابت م3 /ساعة | مجموع التسرب م3 | صافي الجريان م3 |
|---|---|---|---|---|---|
| القيمة | 10 | 15 | 8 | 25 | 1301600 |

المصدر: إعداد الباحثان.

ب. قيم التسرب الثابتة: المقصود هنا القيم التي يستقر عندها التسرب ويظل ثابتا بعد انتهاء وقت التباطؤ حتى انتهاء المطر والوقت القصير الذي يليها، ويمكن الوصول الى قيم التسرب الثابتة من خلال المعادله الأتية:

التسرب الثابت م3ساعه= التسرب حسب نوع الصخر* مساحة الحوض كم2 * زمن تصرف الحوض- زمن التباطؤ ( هاني مشاضي، 2005،ص 162)

وبناء على هذه المعادلة تم التوصل إلى النتائج المبينة في الجدول (6)

4. حجم التبخر خلال زمن تصرف الحوض: يمكن التوصل إليه بمعلومية قيم التبخر خلال العاصفة نفسها، ومعلومية متوسط عدد الايام الممطرة، وزمن تصرف الحوض وبالتالي يمكن معرفه حجم التبخر الاجمالي للحوض خلال زمن تصرف الحوض.

تجدر الإشارة إلى أن فواقد التبخر خلال زمن تباطؤ وزمن تصرف الحوض تعد قليلة جدا ولا تكاد تذكر فهي لم تتجاوز (2م3) خلال الفصل المطير وبذلك فهي غير مؤثرة بشكر كبير على قيم الجريان السطحي أثناء وبعد العاصفة، وعلى هذا سنكتفي بالإشارة إلية فقط.

5. صافي الجريان: بعد حساب كميه الفواقد عن طريق التبخر والتسرب يمكن معرفه حجم السيول المتوقعة وذلك بطرح حجم المياه المفقودة عن طريق التبخر والتسرب من حجم المياه المتوقع سقوطها على الحوض سنويا وبالتالي نتحصل على قيمه تعبر عن صافي الجريان والتي بلغت ما مقداره (1301600م3/سنة).

إن عمليات تقدير متوسطات الامطار ومتوسطات التبخر والتسرب تفيد في معرفه حجم السيول المتوقع وكذلك تفيد في تحديد الأولويات سواء كانت أولويات إدارية أومالية أوفنية لغرض انشاء منظومة هندسية تتماشى مع هذه التقديرات وفي النهاية تحقيق الهدف الاسمى من الجيومورفولوجيا التطبيقية ألا وهو دعم المجال البيئي في نطاق الحوض المدروس من خلال محاولة وضع حلول جذرية لمشكلتين متلازمتين في نطاق منطقة الدراسة ألا وهما مشكلتي السيول و الجفاف، إذ أن حوض وادي الرمل كثيرا ما يتعرض لتلك المشكلتين وفي هذه الدراسة محاولة جادة لوضع أساسات علمية للانطلاق في التخفيف من حدتهما.

**النتائج:**

يعد زمن تصرف الحوض بالتكامل مع زمن التباطؤ من أهم العوامل المؤثرة في عملية حصاد مياه السيول، والمحددة لنوع الآليات المستخدمة في ذلك والتوزيع الجغرافي لها وذلك لكونهما نتاجا مباشرا لطبيعة الحوض الجيولوجية والجيومرفولوجية وخصائص شبكته وكثافة الغطاء النباتي ونوع التربة.

يتسم حوض وادي الرمل بطابع فيضي جعله عرضة لمخاطر السيول لأنه سريع الاستجابة لمياه التساقط والتأثر بها، وذلك بسبب صغر مساحته وطبوغرافية النطاق الأعلى من، وكذلك نوع الصخور فيه، حيث تتميز مجاريه ضمن الرتبتين الأولى والثانية بكثرة التعرج، ونقاط التغيير، والبرك الغاطسة.

تقدر كمية مياه السيول في حوض وادي الرمل (صافي الجريان) بنحو (1301600م3) والتي تضيع هدرا كل عام، وهي كمية اقتصادية كان من الممكن حصادها واستثمارها في الكثير من المشروعات الزراعية لا سيم وأن الوادي يمر بجزء من أراضي سهل الجفارة الخصبة، وبالتالي تحل محل المياه الجوفية والتخفيف عنها.

إن التنوع في تضاريس الحوض من الجنوب إلى الشمال من شأنه أن يمنح مرونة في استخدام أنواعا مختلفة من آليات حصاد مياه السيول تتماشى مع التضاريس المحلية لكل جزء وحسب البيئة الجيومورفولوجية والجيولوجية.

تتميز الأجزاء الجبلية من الحوض بإمكانية حصاد مياه السيول فيها طبوغرافيا، في حين يصعب ذلك تقنيا وذلك لصعوبة الوصول إليها نتيجة وعورتها الشديدة، إلا أنه تجدر الإشارة إلى أن هناك بعض الأجزاء يمكن الوصول إليها وإقامة خزانات أو سدود لحصاد مياه السيول منها، ناهيك عن ملائمة المنطقة الانتقالية بين الجبل والسهل حيث تكون الفرصة متاحة للقيام بأي من مشاريع حصاد مياه السيول.

**التوصيات:**

إن اختلاف تضاريس الحوض ودرجات انحدار أجزائه المختلفة وأعداد المجاري وأطوالها وكثافة التصريف في كل منها يعطي مرونة في تحديد الآليات المناسبة في حصاد مياه السيول، وبالتالي فإن العناصر المذكورة هي الأساس في اختيار نوع الآلية المستخدمة في حصاد مياه السيول وحجمها في كل جزء من الحوض إضافة إلى العوامل الأخرى كالجيولوجيا ونمط استخدام الأرض.

معظم مجاري الحوض تنتمي للرتبة الأولى وبالتالي يجب أن تكون مشاريع حصاد مياه السيول متماشية مع حجم مجاري هذه الرتبة وكمية المياه فيها لاسيما وان الرتب الأخرى في الغالب تقع ضمن النطاق السهلي الذي يصعب إقامة أي من آليات حصاد السيول فيه.

يوصي الباحثان بضرورة توالي الدراسات الهيدروجيومورفولوجية على حوض وادي الرمل الذي يقع طمن المناطق شبة الجافة، وبالتالي فهو بحاجة على توالي الدراسات الهيدرولوجية والجيومورفولوجية والجيولوجية لتتضح جميع الجوانب الضرورية عند القيام بحصاد مياه السيول لتكون العملية داعمة للمجال البيئي.

**قائمة المراجع**

1. أحمد سالم صالح، 1999، السيول في الصحاري نظريا وعمليا، دار الكتاب الحديث.
2. حسن رمضان سلامة، 2004، اصول الجيومورفولوجيا، الطبعة الأولى، دار المسيرة عمان.
3. حسن رمضان سلامة، 2013، اصول الجيومورفولوجيا الطبعة الرابعة دار المسيرة عمان.
4. خلف حسين الدليمي، 2012، علم شكل الارض التطبيقي، دار صفاء للطباعة والنشر والتوزيع، عمان.
5. عبد الحميد احمد كليو، 1988، أودية حافة جال الزور بالكويت تحليل جيومورفولوجي جامعة الكويت قسم الجغرافيا الجمعية الجغرافية الكويتية، الطبعة الأولى.
6. عواد حامد موسى، 2003، الاساليب الكمية في الجغرافيا مع التطبيق على بعض المناطق في مصر، مطابع الولاء الحديثة، المنوفية.
7. فتحي عبد العزيز أبو راضي، 2003، الجيومورفولوجيا علم دراسة اشكال يابس سطح الأرض، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.
8. محمد مجدي تراب، 1984، منطقة أم الرخم غربي مرسى مطروح دراسة جيومورفولوجيه، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة الإسكندرية.

9. هاني كمال مشاضي، 2005، الأخطار الجيومورفولوجية على الجانب الشرقي لخليج السويس فيما بين واديي لهاطه شمالا والخشب جنوبا، ماجستير غير منشورة، جامعة المنيا.

10 gregory, k.j. and walling d.e.(1979): drainage basin, form and process, a geomorphological approach. Edward & Arnold, London.
11 horton r. a. (1945) erosional development of streams and the drainage basins hydrophysical approach to quantitative morphology geol. Soc. Amer. Bull.
12 melton, f. a., 1957 an analisis of the relations among element of climate. Surface properties and geomorphology proj, no 389-042 tech. rept. no 11, columbia university department of geology and geography branch, new York.
13 miller, v., 1953 a quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the clinch mountain area, project nr 389-042,tech. rept.3., Columbia univ.
14 smith, 1950 standers for grading texture of erosional topography, ameri. Jour. Of science, no. 248.
15 strahler, a. n., 1952 hypsomteric (altitude-area) analysis of erosi0nal topography, bull. Geol. Soc. Ameica, vol.
16 strahler, a. n. 1958 dimensional analysis applied to fluvially eroded landforms, geol, soc. Amer, bull, vol 69,pp279-300.