المحاكاة الهيدرولوجية للجريان السطحي بحوض وادي الرمل باستخدام منحنى الوحدة المائي لسنايدر (Snyder`s Unit Hydrograph)

د.عبير فائز الكريكشي

قسم التنمية المستدامة – المركز الليبي لأبحاث تغير المناخ

المستخلص

تناولت العديد من الدراسات استخدام نموذج منحنى الوحدة المائي لسنايدر (Snyder's Synthetic Unit Hydrograph) لتحديد قيم الجريان السطحي؛ حيث يعتمد هذا النموذج على توظيف معاملات زمنية تساعد في تقييم الخصائص المورفومترية، وتساعد تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) على تحليل صور الأقمار الصناعية، واستخراج المعايير المكانية من نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)؛ حيث تم في هذا البحث تحميل نموذج ارتفاع رقمي بدقة 30 مترا لمنطقة حوض وادي الرمل الذي يمتد من منطقة القره بولي شمالاً وصولاً إلى جبال ترهونة جنوباً، والذي اتضح من خلال تحليله في بيئة برنامج ArcMap10.8 أن ارتفاع المنطقة يتراوح ما بين 1 إلى 514 مترا فوق مستوى سطح البحر. كما بلغت مساحة حوض وادي الرمل 442.95 كيلومترا مربعا، وطول مجراه الرئيسي حوالي 53.05 كيلومترات، وتتفاوت الاستجابة الهيدرولوجية للحوض بشكل كبير؛ حيث بلغ متوسط زمن التباطؤ (T_p) نحو 9.78 ساعة، بينما تراوح متوسط زمن الأساس (T_b) للسيول حوالي 39.14 ساعة. كما قُدر حجم الجريان المائي السنوي المحتمل في الحوض بمتوسط 8.96 مليون مترا مكعبا، مع قوة تدفق تتراوح ما بين (49.39 - 112.85) م^3/ثانية. كما تؤكد نتائج البحث وجود مخاطر حقيقية متمثلة في انجراف التربة ونحت جوانب المجرى؛ مما أدى لتدهور الغطاء النباتي واختفاء بعض الغابات المحيطة بالوادي.

الكلمات الدالة: وادي الرمل، منحنى سنايدر، نظم المعلومات الجغرافية، الخصائص المورفومترية.

المقدمة

في المناطق التي تتسم بندرة المياه وتحديات الاستدامة المائية تبرز أهمية البحث المتعمق للجريان السطحي كحجر الزاوية في إدارة الموارد المائية بكفاءة، وفي هذا السياق يكتسب حوض وادي الرمل في ليبيا أهمية خاصة؛ حيث تتطلب طبيعته المناخية والهيدرولوجية الفريدة فهماً دقيقاً لسلوك المياه المتدفقة على سطحه، يمثل الجريان السطحي الناتج عن تفاعل معقد بين هطول الأمطار وخصائص سطح الأرض عنصراً حيوياً في الدورة الهيدرولوجية، وتحديد كميته، وتوزيعه الزماني والمكاني ضروري لتلبية الاحتياجات المائية المتزايدة، وتصميم المنشآت المائية المستدامة، وتقليل المخاطر المرتبطة بالفيضانات.

ومن بين الأدوات المتاحة لتقدير هذا المورد الحيوي، يبرز منحنى سنايدر (Snyder's synthetic unit hydrograph) كمنهجية تجريبية قوية، خاصة في الأحواض التي تفتقر إلى البيانات الهيدرومترية التفصيلية، يعتمد هذا الأسلوب على الربط بين الخصائص الفيزيائية للحوض واستجابة الجريان السطحي لهطول الأمطار؛ مما يجعله خياراً جذاباً للدراسات الاستكشافية والتقييم الأولي للموارد المائية، وينطلق هذا البحث من أهمية فهم ديناميكية الجريان السطحي في حوض وادي الرمل، ويهدف بشكل أساسي إلى تطبيق منحنى سنايدر كأداة لتقدير وتحديد خصائص الجريان السطحي في هذا الحوض الحيوي، وتحديد المعالم المورفومترية للحوض، وتطبيق المعادلات التجريبية لمنحنى سنايدر لاستخلاص المعلمات

للاتصال: د.عبير فائز الكريكشي. قسم التنمية المستدامة – المركز الليبي لأبحاث تغير المناخ

هاتف: 944572352 -218+ **البريد الالكتروني: aalkrekchi74@gmail.com**

استلمت بتاريخ: 26 / 04 / 2026 **أجيزت بتاريخ: 2026/07/03**

الهيدرولوجية الأساسية، وصولاً إلى تقدير استجابة الحوض للعواصف المطرية المختلفة. يعتبر تقدير الجريان السطحي من التحديات الهامة في إدارة الموارد المائية والتنبؤ بالفيضانات، خاصة في حالة عدم توفر البيانات الدقيقة لمعدلات الأمطار وشدتها وتوزيعها المكاني، وهذا ينطبق على منطقة البحث التي ينعدم فيها وجود محطات إرصاد، كما تعتبر منطقة مهملة من ناحية الدراسات الهيدرولوجية ومياه الوادي بها تجري للبحر دون الاستفادة منها بالرغم من الحاجة الماسة للمياه بالمنطقة التي تتعرض لاستنزاف شديد للمياه الجوفية نظرا للنشاط الزراعي بالمنطقة.

أهداف البحث:

- تحديد الخصائص المساحية لحوض وادي الرمل.
- تحديد معاملات الجريان السطحي بالحوض.
- تقدير حجم مياه الجريان السطحي باستخدام المنحنى المائي لسنايدر.

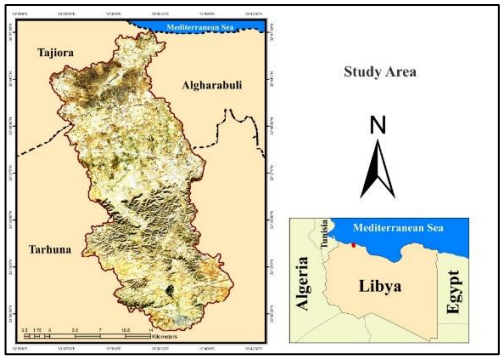
إن نتائج هذا البحث تقدم تقديرات لكمية مياه الجريان السطحي في حوض وادي الرمل، ويمكن اعتبارها كمؤشر يستفاد منه في إدارة الفيضانات، ووضع أساس قوي لمزيد من الدراسات الهيدرولوجية التفصيلية في المنطقة.

أهمية البحث:

اهتمت العديد من الدراسات العلمية بدراسة الجريان السطحي في دولة ليبيا، إلا أن هذه الدراسة هي الأولى في تقدير الجريان السطحي باستخدام طريقة سنايدر بمنطقة حوض وادي الرمل، هذه الطريقة التي أكد (Khaleghi وآخرون، 2011) كفاءتها ودقتها في محاكاة الجريان السطحي والرسوم الهيدرولوجية من خلال اتباع طريقة سنايدر لتحديد شكل وأبعاد هيدروغراف التصريف الخارج في منطقة مساحتها 68.8 كيلومتر مربع في حوض كاسيلان، الذي يقع في محافظة مازندران في إيران؛ حيث تم اختيار أول واحد وعشرين حدث هطول مطري – تصريف معادل، وتم حساب هيدروغراف للتصريف الخارج لكل واحد منها، ومقارنة زمن الذروة وتدفق الذروة للتصريف الخارج في النماذج، وتحديد النموذج الذي قدّر بكفاءة أكبر هيدروغراف التدفق الخارجي للمناطق المماثلة. أما (Sharma، 2015) فقد أكد ميزة تطبيق منحنى سنايدر مقارنة بالطرق الأخرى، من خلال رسم وحدة سنايدر الهيدروجرافي (SUH) مع قاعدة بيانات مكانية تعتمد على نظم المعلومات الجغرافية لحساب التصريف في حوض تابي السفلي في الهند، تم استخراج المعلمات الهيدرولوجية لكل حوض فرعي، مثل: طول النهر، وطول المركز، والمساحة المكانية، واستخدام الأرض، والانحدار الأفقي، وعوامل التضاريس والتربة من قاعدة بيانات نظم المعلومات الجغرافية. أما (الغويل، 2026) فقد قدم في بحثه تحليلاً هندسياً وهيدرولوجيا مفصلاً لمعاملات منحنى الوحدة المائي وتأثيرها الحاسم على تصميم منشآت التحكم بالفيضانات ومخاطر انجراف التربة؛ حيث قدر الجريان السطحي باستخدام طريقة رقم المنحنى (SCS - CN) الناتج عن عاصفة مطرية بمتوسط هطول 73.44 ملم، بلغت عندها ذروة التصريف 2067.8 م3/ث؛ مما يشير لخطر عال للفيضان.

المواد وطرائق البحث

يقع حوض وادي الرمل في شمال غرب ليبيا متخذاً شكلاً طولياً بين خطي طول ْ10 ً27 ً13 و ْ50 ً41 ً13 شرقاً، وبين دائرتي عرض ْ15 ً25 ً32 و ْ30 ً47 ً32 شمالاً، يحده من الشمال البحر الأبيض المتوسط وترهونة جنوباً؛ حيث يمتد من منطقة سيدي بنور خريطة (1).

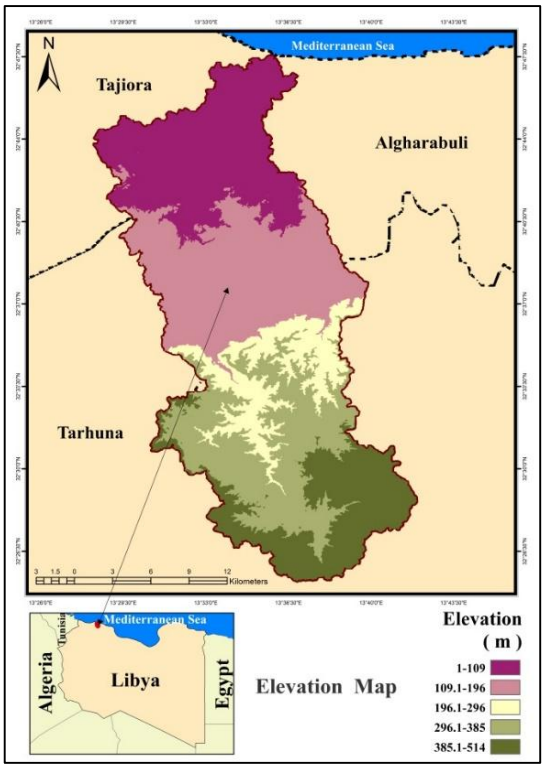


الخريطة (1) موقع منطقة الدراسة

المجلة الليبية للعلوم الزراعية، المجلد (31)، العدد (2) 2026: 13 - 26

الخصائص التضاريسية للحوض

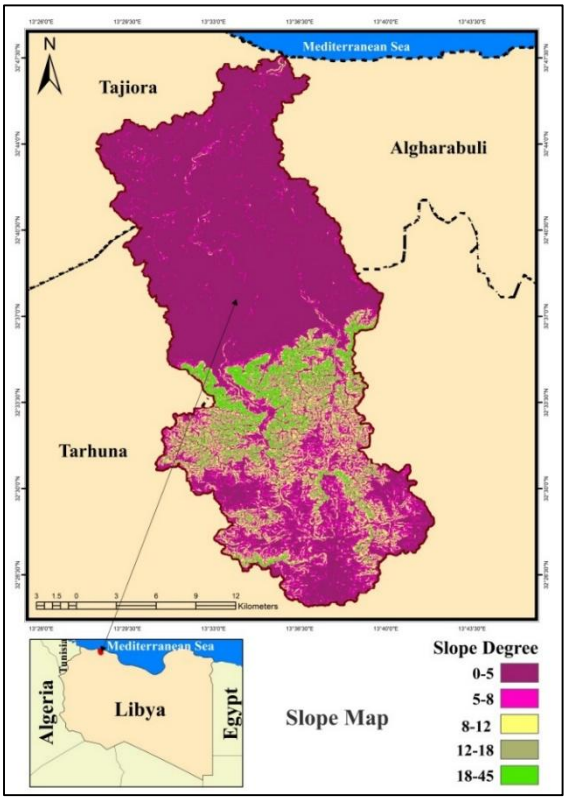
تُعد دراسة الخصائص التضاريسية حجر الزاوية في فهم وتحليل العمليات الهيدرولوجية، خاصة فيما يتعلق بتقدير الجريان السطحي، وتقييم مخاطر الفيضانات، فالخصائص التضاريسية للمنطقة تتحكم بشكل كبير في سلوك المياه وتدفقها، ولتحديد التضاريس بمنطقة الدراسة تم استخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS لبناء أساس للمعلومات المكانية عن طريق برنامج الإرك ماب إصدار 10.8 ArcMap؛ حيث تم معالجة نموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة 30 مترا، تم الحصول عليه من موقع هيئة المساحة الأمريكية USGS؛ حيث يوفر هذا النموذج تمثيلاً رقمياً دقيقاً لسطح الأرض، ويسمح بتحليل تفصيلي للخصائص الطبوغرافية ذات الصلة بدراسة الجريان السطحي، من الخريطة رقم (2) يتضح أن أقل ارتفاع بمنطقة الدراسة هو شمال الحوض في منطقة القره بوللي والقويعة؛ حيث بلغ ارتفاعها مترا واحدا فوق سطح البحر، ويزداد الارتفاع بالاتجاه جنوبا وصولاً إلى مدينة ترهونة؛ حيث سجل أعلى ارتفاع 514 مترا فوق مستوى سطح البحر، هذا التباين الكبير في الارتفاعات عبر منطقة الدراسة يشير إلى احتمالية وجود تأثير كبير للتضاريس على أنماط الجريان السطحي وسرعته وتجمعه، كما تم استخلاص مجموعة من الخصائص الطبوغرافية الأساسية مثل: الانحدار، واتجاه الميل، وشكل الحوض، والتي تعتبر مدخلات أساسية لتطبيق نموذج منحنى سنايدر. من تحليل خريطة الانحدار وجد أن مستويات الانحدار تختلف من انحدار خفيف إلى أراضي شديدة الانحدار، ويقل الانحدار كلما اتجهنا شمالاً باتجاه ساحل البحر، ويزداد كلما اتجهنا جنوباً باتجاه ترهونة، الخريطة رقم (3).



المصدر: إعداد الباحثة.

الخريطة (2) نموذج الارتفاع الرقمي للمنطقة

الانحدار



المصدر: إعداد الباحثة اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي.

الخريطة (3) درجة الانحدار

مساحة الحوض:

هناك ارتباط وثيق بين مساحة الحوض وكمية الأمطار التي يستقبلها؛ مما ينعكس على عمليات التعرية المائية ونمو الأودية وحجم الرواسب المنقولة (Strahler، 1957)، وباستخدام برنامج ArcMap10.8 قُدرت مساحة حوض وادي الرمل بـ 442.958495 كم².

أبعاد الحوض:

طول الحوض: يُعد من القياسات المورفومترية الأساسية التي تعكس طبيعة الصخور والظروف المناخية والعمليات الجيومورفولوجية، تم قياس طول حوض وادي الرمل (من مصبه بالقرب من القربولي إلى أبعد نقطة في محيطه قرب ترهونة) بطريقة الخط المستقيم المقترحة من (Walling وGeogory، 1973)، وقد بلغ 41.12258 كم.

عرض الحوض: يُعرف بأنه المسافة المستقيمة بين أبعد نقطتين على حدود الحوض (الخفاجي، 2007)، وباستخدام برنامج الإرك ماب تم حساب مساحة الحوض؛ حيث بلغت 442.958495 كم²، وطوله 41.12258 كم، ليصبح متوسط عرضه 10.77 كم، ومحيطه 153.702 كم، أما طول المجرى الرئيسي فبلغ 53.054 كم.

المصدر: تصوير الباحثة خلال زيارة ميدانية للمنطقة.

النتائج والمناقشة

زمن التباطؤ:

يعرف بأنه الفترة الزمنية اللازمة لجريان المياه من أبعد نقطة في الحوض وصولاً إلى مصب الحوض، وتتأثر قيمته بشكل أساسي بخصائص الحوض وطوله (البارودي،2012)، وتم الحصول عليه بالمعادلة التالية (Raghunath، 2006):

$$T_p = C_t(L_b.L_{Ca})$$

(1)

حيث T_b زمن التباطؤ (hr) ساعة، و C_t معامل خاص بطبيعة الحوض، وتتراوح قيمته بين (0.2-2.2)، و L_b طول المجرى الرئيسي، و L_{ca} المسافة الفاصلة من المصب إلى مركز الثقل (km) كم.

الفترة الزمنية القياسية للأمطار الزائدة:

يقصد بها الفترة الزمنية اللازمة لحدوث الجريان السطحي بعد العاصفة المطرية (البارودي، 2012) وتم الحصول عليها من المعادلة التالية (Remenieras، 1972):

$$T_r = \frac{T_p}{5.5}$$

(2)

حيث T_r زمن الذروة (hr) ساعة، و T_p زمن التباطؤ (hr) ساعة و 5.5 قيمة ثابتة في المعادلة.

زمن الأساس أو زمن استجابة الحوض لهطول الأمطار (زمن قاعدة الهيدروجراف):

يعبر هذا الزمن عن الفترة الأساسية لحدوث الجريان السطحي، وتم حسابه بمعادلة سنايدر المعدلة التالية: (البارودي، 2012):

$$T_b = T_p \times 4$$

(3)

حيث T_b فترة استجابة الحوض المائي للأمطار، و4 هي قيمة ثابتة في المعادلة.

يتضح جلياً من الجدول (1) أن فترة الاستجابة للأمطار (زمن التباطؤ) T_p بحوض وادي الرمل بلغت أقصى قيمة له 17.93 ساعة، بينما بلغت أدنى قيمة لها 1.63 ساعة، والمتوسط بلغ 9.78 ساعة، كما توضح نتائج الجدول زيادة استجابة الحوض لذروة التدفق بزيادة قيمة المعامل (C_t)؛ لأن قيمة هذا المعامل مرتبطة ارتباطا عكسيا مع الانحدار، فكلما زادت قيمة المعامل قل الانحدار وزادت الاستجابة، في حين كلما قلت قيمة هذا المعامل دل ذلك على زيادة الانحدار، وبالتالي

انخفاض قيمة الاستجابة للأمطار، أما فيما يخص الفترة الزمنية القياسية للأمطار الزائدة T_r فبلغ أقصاها 3.26 ساعة، وأدناها 0.29 ساعة، وبمتوسط 1.76 ساعة، أما زمن الأساس T_b فبلغ أقصى فترة له 71.75 ساعة، بينما بلغ أدنى فترة زمنية 6.52 ساعة، وبلغ المتوسط العام له 39.14 ساعة، تظهر هذه النتائج التباين الهيدرولوجي الملموس لحوض وادي الرمل الذي تفرضه طبيعة تضاريسه المتفاوتة؛ إذ تلعب المناطق ذات الانحدارات البسيطة دوراً حيوياً في تقليل سرعة الجريان عبر زيادة (C_t)؛ مما يحولها إلى مناطق تخفيف طبيعي للجريان، وفي المقابل تبرز المناطق ذات الانحدارات الحادة كمصدر لسرعة الاستجابة الهيدرولوجية؛ مما يرفع من احتمالات حدوث الفيضانات المفاجئة نتيجة التقلص الحاد في زمن التباطؤ.

الجدول (1) زمن التباطؤ، الزمن القياسي وزمن الأساس لوادي الرمل

C_t	T_p(ساعة)	T_r(ساعة)	T_b(ساعة)
0.2	1.63	0.29	6.52
0.4	3.26	0.59	13.05
0.6	4.89	0.89	19.57
0.8	6.52	1.19	26.09
1	8.15	1.48	32.61
1.2	9.78	1.78	39.14
1.4	11.42	2.08	45.66
1.6	13.05	2.37	52.18
1.8	14.68	2.67	58.7
2	16.31	2.97	65.22
2.2	17.94	3.26	71.75
المتوسط	9.78	1.78	39.14

المصدر: إعداد الباحثة اعتماداً على تطبيق المعادلات: (1، 2، 3).

كمية التدفق الأقصى للجريان:

يقصد بها تقدير أقصى معدل تصريف محتمل بالحوض، وتم تقديره بتطبيق المعادلة التالية (Raghunath، 2006):

$$Q_p = \frac{C_p.A}{T_p} \quad (4)$$

حيث Q_p كمية التدفق (م^3/ث)، وA مساحة الحوض، و T_p زمن التباطؤ (ساعة)، و C_p معامل تدفق الذروة (2 - 6.5) (Raghunath، 2006)، من نتائج الجدول (2) يتضح أن قيمة أقصى تدفق بحوض وادي الرمل تراوحت ما بين (49.39 – 1756.32) م^3 / ث، كما يتضح أنه كلما زادت قيمة C_p زادت قيمة Q_p ؛ أي: أن العلاقة طردية فيما بينهما، بينما تظهر العلاقة العكسية بين Q_p و T_p، فكلما زاد زمن التباطؤ قل التدفق الأقصى والعكس، ولهذا لتقليل مخاطر الفيضانات في حوض وادي الرمل لا بد من وضع عوائق طبيعية أو صناعية لزيادة زمن التباطؤ.

الجدول (2) كمية التدفق الأقصى بحوض وادي الرمل (م^3/ث)

C_t	C_p					
	2	3	4	5	6	6.5
0.2	543.18	814.76	1086.35	1357.94	1629.52	1765.32
0.4	271.59	407.38	543.17	678.97	814.76	882.66
0.6	181.09	271.64	362.19	444.56	543.29	588.56
0.8	135.82	203.72	271.63	339.54	407.44	441.39
1	108.66	162.99	217.32	271.65	325.98	353.15
1.2	90.55	135.82	181.09	226.37	271.64	294.28
1.4	77.61	116.42	155.22	194.03	232.83	252.23
1.6	67.91	101.87	135.83	169.78	203.74	220.72
1.8	60.37	90.55	120.73	150.91	181.09	196.19
2	54.33	81.49	108.66	135.83	162.99	176.57
2.2	49.39	74.08	89.78	123.48	148.17	160.52

المصدر: إعداد الباحثة اعتماداً على تطبيق المعادلة (4).

فترة الارتفاع التدريجي للجريان:

تعبر هذه الفترة عن الزمن اللازم لوصول الجريان إلى الذروة (أعلى منسوب)، وتم حسابه بتطبيق المعادلة التالية: (Raghunath، 2006):

$$T_m = \frac{T_b}{3} \quad (5)$$

حيث T_m فترة الارتفاع التدريجي (ساعة)، وT_b زمن الأساس (ساعة).

فترة الانخفاض التدريجي للجريان:

هي الفترة الزمنية التي يستغرقها الجريان للوصول إلى الوضع الطبيعي؛ أي: الوقت اللازم لانخفاض الجريان من الذروة إلى الوضع الطبيعي، وتم حسابه بتطبيق المعادلة التالية (Raghunath، 2006):

$$T_d = \frac{2}{3} T_b \quad (6)$$

حيث T_d فترة الانخفاض التدريجي (ساعة)، وT_b زمن الأساس (ساعة)، يتضح من نتائج الجدول (3) أن فترة الارتفاع التدريجي للجريان في حوض وادي الرمل تراوحت ما بين (2.18 – 23.92) ساعة، كما يتضح الارتباط الطردي بين زمن التباطؤ وفترة الارتفاع التدريجي، أما فيما يخص فترة الانخفاض التدريجي فتوضح النتائج بالجدول (3) أن هذه الفترة تراوحت ما بين (4.35 – 47.66) ساعة، وهذا يدل على أن الجريان يحتاج إلى فترة زمنية مدتها 23.92 ساعة للوصول إلى الذروة، ويحتاج 47.86 ساعة للرجوع إلى وضعه الطبيعي.

الجدول (3) زمن الارتفاع والانخفاض التدريجي للجريان السطحي بحوض وادي الرمل.

T_b	T_m	T_d
6.52	2.18	4.35
13.05	4.35	8.7
19.57	6.25	13.05
26.09	8.69	17.4
32.61	10.87	21.75
39.14	13.05	26.1
45.66	15.22	30.46
52.18	17.39	34.8
58.7	19.57	39.16
65.22	21.74	43.51
71.75	23.92	47.66

المصدر: إعداد الباحثة اعتماداً على تطبيق المعادلتين: (5، 6).

شدة الهطول المناسب للوصول للذروة:

وهي تعني عمق الأمطار المسبب لوصول الجريان إلى أعلى قيمة له (الذروة)، وتم حسابه بالمعادلة التالية: (البارودي، 2012) الجدول (4):

$$I = 1/T_r \quad (7)$$

حيث إن I تمثل شدة الهطول بالسم / ساعة، وT_r الفترة الزمنية القياسية للأمطار بالساعة.

يوضح الجدول (4) أن أقصى شدة أمطار لتدفق الجريان للذروة بلغت 3.45 سم / ث، وبلغت أدنى قيمة لها 0.31 سم / ث، كما نلاحظ من الجدول أن هناك علاقة عكسية بين الفترة الزمنية القياسية لذروة الأمطار مع شدة الهطول، فكلما زادت الفترة القياسية قلت شدة الهطول وكثافتها، وتؤكد هذه النتائج أن حوض وادي الرمل يستجيب بشدة للعواصف قصيرة الأمد؛ حيث تقل شدة الهطول طردياً مع زيادة مدة العاصفة؛ مما يجعل "المدة الزمنية" للعاصفة عاملاً حاسماً في تحديد حجم الكارثة أو الفائدة من مياه الأمطار.

الجدول (4) شدة الهطول المناسبة للوصول إلى ذروة الجريان (سم / ساعة) بوادي الرمل.

I	T_r (ساعة)	C_t(ساعة)
3.45	0.29	0.2
1.69	0.59	0.4
1.12	0.89	0.6
0.84	1.19	0.8
0.68	1.48	1
0.56	1.78	1.2
0.48	2.08	1.4
0.42	2.37	1.6
0.37	2.67	1.8
0.34	2.97	2
0.31	3.26	2.2

المصدر: إعداد الباحثة اعتماداً على تطبيق المعادلة (7).

تدفق الذروة النوعي للحوض:

وهو عبارة عن كمية الجريان الأقصى خلال مساحة الحوض، وتم حسابه باستخدام معادلة (Dubreuil، 1974) التالية:

$$Q_p = \frac{Q_p}{A} \quad (8)$$

حيث Q_p تعبر عن قيمة تدفق الذروة النوعي (م^3/ث/كم^2)، و Q_p التدفق الأقصى (م^3/ث)، A مساحة الحوض الجدول (5).

الجدول (5) تدفق الذروة النوعي (م^3/ث/كم^2) بوادي الرمل.

C_t	C_p					
	2	3	4	5	6	6.5
0.2	1.23	1.84	2.45	3.07	3.68	3.99
0.4	0.613	0.920	1.226	1.533	1.839	1.993
0.6	0.41	0.61	0.82	1.00	1.23	1.33
0.8	0.31	0.46	0.61	0.77	0.92	1.00
1	0.25	0.37	0.49	0.61	0.74	0.80
1.2	0.20	0.31	0.41	0.51	0.61	0.66
1.4	0.18	0.26	0.35	0.44	0.53	0.57
1.6	0.15	0.23	0.31	0.38	0.46	0.50
1.8	0.14	0.20	0.27	0.34	0.41	0.44
2	0.12	0.18	0.25	0.31	0.37	0.40
2.2	0.11	0.17	0.20	0.28	0.33	0.36

المصدر: إعداد الباحثة اعتماداً على تطبيق المعادلة (8).

الفترة الزمنية W_{50} و W_{75} لعرض المنحنى المائي (الهيروجراف):

ويتم حسابهما عن طريق المعادلتين التاليتين (Dubreuil، 1974):

$$W_{50} = \frac{5.6}{(Q_p)^{1.08}} \quad (9)$$

$$W_{75} = \frac{3.21}{(Q_p)^{1.08}} \quad (10)$$

وتمثل W_{50} و W_{75} الفترة الزمنية المناسبة عند 50 % و75 % من قيمة التدفق الأقصى، و Q_P تدفق الذروة النوعي للحوض (م^3/ث/كم^2).

يتضح من جدول (6) أن الفترة الزمنية عند 50% من التدفق الأقصى بلغت أعلى قيمة لها 60.87 ساعة، وبلغت أقل فترة زمنية لها 1.26 ساعة، وبمتوسط بلغ 31.06 ساعة، أما الفترة الزمنية عند 75% من التدفق الأقصى الموضحة في جدول (7) فبلغت أعلى قيمة لها 34.982 ساعة، بينما بلغت أقل قيمة لها 0.72 ساعة، وبمتوسط بلغ 17.8 ساعة.

الجدول (6) الفترة الزمنية عند 50% من التدفق الأقصى (ساعة) بوادي الرمل.

W_{50}						
C_p						C_t
6.5	6	5	4	3	2	
1.257	1.372	1.668	2.128	2.9	4.480	0.2
2.659	2.902	3.531	4.495	6.134	9.508	0.4
4.118	4.480	5.6	6.94	9.557	14.699	0.6
5.6	6.134	7.427	9.557	12.963	19.859	0.8
7.134	7.757	9.557	12.122	15.136	25.113	1
8.778	9.557	11.595	14.699	22.223	32	1.2
10.295	11.134	13.593	17.446	24.035	35.898	1.4
11.84	12.963	15.955	19.859	27.451	44.8	1.6
13.593	14.699	18.007	23.046	32	47.059	1.8
17.835	16.423	19.859	22.4	35.898	55.446	2
16.919	18.543	22.223	32	38.096	60.87	2.2

المصدر: إعداد الباحثة اعتماداً على تطبيق المعادلة (9).

الجدول (7) الفترة الزمنية عند 75% من التدفق الأقصى (ساعة) بوادي الرمل.

W_{75}						
C_p						C_t
6.5	6	5	4	3	2	
0.721	0.786	0.956	1.22	1.663	2.568	0.2
1.525	1.664	2.024	2.577	3.516	5.45	0.4
1.970	2.568	3.21	3.978	5.478	8.426	0.6
3.21	3.516	4.258	5.478	7.431	11.383	0.8
4.09	4.446	5.478	6.948	8.676	14.395	1
5.032	5.478	6.646	8.426	12.738	18.343	1.2
5.901	6.382	7.792	10	13.777	20.577	1.4
6.787	7.431	9.146	11.383	15.736	25.68	1.6
7.792	8.426	10.322	13.21	18.343	26.975	1.8
10.223	9.414	11.383	12.84	20.577	31.783	2
9.698	10.63	12.738	18.343	21.837	34.892	2.2

المصدر: إعداد الباحثة اعتماداً على تطبيق المعادلة (10).

حجم الجريان المائي بالحوض:

يعبر عنه بالمعادلة التالية (PNUD-OPE، 1987):

$$AL = Q_p \times T_m \quad (11)$$

حيث AL تمثل حجم الجريان بالمليون متر مكعب، Q_p كمية التدفق الأقصى للجريان (م^3 / ث)، T_m فترة الارتفاع التدريجي للجريان (ساعة)، يتضح من الجدول (8) أن حجم الجريان بحوض وادي الرمل بلغت أعلى قيمة له حسب طريقة منحنى الوحدة لسنايدر 13.85

مليون متر مكعب، بينما بلغ أقل حجم جريان 4.07 مليون متر مكعب، وكان متوسط حجم الجريان من خلال كافة المعاملات الخاصة بطريقة سنايدر 8.96 مليون متر مكعب.

الجدول (8) أحجام الجريان بحوض وادي الرمل (مليون متر مكعب)

C_t	C_p					
	2	3	4	5	6	6.5
0.2	4.260	6.394	8.530	10.650	12.790	13.850
0.4	4.253	6.380	8.506	10.630	12.760	13.820
0.6	4.075	6.112	8.149	10.003	12.224	13.243
0.8	4.249	6.373	8.498	10.622	12.746	13.808
1	4.252	6.378	8.504	10.630	12.756	13.819
1.2	4.254	6.381	8.508	10.635	12.762	13.825
1.4	4.252	6.379	8.505	10.631	12.757	13.820
1.6	4.251	6.377	8.504	10.629	12.755	13.818
1.8	4.253	6.379	8.506	10.632	12.758	13.822
2	4.252	6.378	8.504	10.631	12.756	13.819
2.2	4.253	6.379	7.731	10.633	12.759	13.823

المصدر: إعداد الباحثة اعتماداً على تطبيق المعادلة (11).

قوة الجريان:

ويعبر عنها بالمعادلة (Raghunath، 2006):

$$a = \frac{Q_p}{\sqrt{A}} \quad (12)$$

حيث: a تمثل معامل قوة الجريان، Q_p التدفق الأقصى للجريان (م^3 / ث)، A مساحة الحوض (كم^2) الجدول (9).

الجدول (9) معامل قوة الجريان بحوض وادي الرمل

C_t	C_t					
	2	3	4	5	6	6.5
0.2	25.81	38.71	51.62	64.52	77.43	83.88
0.4	12.90	19.36	25.81	32.26	38.71	41.94
0.6	8.60	12.91	17.21	21.12	25.81	27.97
0.8	6.45	9.68	12.91	16.13	19.36	20.97
1	5.16	7.74	10.33	12.91	15.49	16.78
1.2	4.30	6.45	8.60	10.76	12.91	13.98
1.4	3.69	5.53	7.38	9.22	11.06	11.98
1.6	3.23	4.84	6.45	8.07	9.68	10.49
1.8	2.87	4.30	5.74	7.17	8.60	9.32
2	2.58	3.87	5.16	6.45	7.74	8.39
2.2	2.35	3.52	4.27	5.87	7.04	7.63

المصدر: إعداد الباحثة اعتماداً على تطبيق المعادلة (12).

يتضح من الجدول رقم (9) التباين الواسع لقيم المعامل في الجدول (بين 2.35 و83.88) الحساسية العالية لحوض وادي الرمل تجاه فترات الهطول وخصائص السطحK وهو ما يحتم على مخططي المدن ومصممي السدود الاعتماد على سيناريوهات التدفق الأقصى لحماية المنطقة من مخاطر الفيضانات المفاجئة.

ومن تحليل البيانات في جدول (10) يتضح أن أقل تدفق بالحوض بلغ 49.39 م^3/ث، بينما بلغ أعلى تدفق 112.85 م^3/ث، وبلغ أعلى حجم جريان 8.96 مليون متر مكعب، وأقل حجم جريان 4.07 مليون متر مكعب، وبمتوسط 13.85 مليون متر مكعب. وهي كمية مياه جيدة يمكن الاستفادة منها بدل من ضياعها عبر الجريان السطحي إلى البحر.

نظراً لافتقار البيانات الهيدرولوجية اللازمة لتقدير الجريان السطحي لحوض وادي الرمل بطرق أخرى ككمية الأمطار أو العواصف المطرية وكذلك خصائص التربة، تم تحديده باستخدام طريقة المنحنى المائي لسنايدر التي تعتمد على مساحة الحوض وطول المجرى الرئيسي والمسافة إلى مركز الثقل، وتبقى هذه النتائج نتائج رياضية نظرية يمكن استخدامها كمؤشر في دراسات أخرى يمكن الاستفادة منها في تحديد القيم القصوى والدنيا والمتوسطة.

الجدول (10) معاملات الجريان السطحي بحوض وادي الرمل

رمز المعامل	اسم المعامل	الوحدة	أقل قيمة	أعلى قيمة	القيمة المتوسطة
A	مساحة الحوض	كم^2	442.958495	442.95849	442.958495
L_b	طول المجرى الرئيسي	كم	53.054	53.054	53.054
L_{ca}	المسافة من المصب لمركز ثقل الحوض	كم	20.562	20.562	20.562
C_t	معامل زمن تدفق الذروة	/	0.2	2.2	1.2
C_p	معامل تدفق الذروة	/	2	6.5	4.42
T_p	زمن التباطؤ	ساعة	1.63	17.93	9.78
T_b	زمن الأساس	ساعة	6.52	71.75	39.14
T_r	الزمن القياسي للأمطار	ساعة	0.29	3.26	1.76
T_m	فترة الارتفاع التدريجي	ساعة	2.17	23.92	13.04
T_d	فترة الانخفاض التدريجي	ساعة	4.35	47.86	26.11
I	تركيز الأمطار	سم/ساعة	0.31	3.45	1.88
Q_p	أقصى تدفق	م^3/ث	49.39	176.32	112.85
W_{50}	الفترة الزمنية المناسبة لـ50% من عرض المنحنى	ساعة	1.26	60.87	31.06
W_{75}	الفترة الزمنية المناسبة لـ75% من عرض المنحنى	ساعة	0.72	34.89	17.8
AL	حجم الجريان	مليون متر مكعب	4.07	13.85	8.96

الخلاصة:

1. بلغت مساحة حوض وادي الرمل 442.958495 كيلومترا مربعا، في حين بلغ طول المجرى الرئيسي للحوض 53.054 كيلومترا.
2. يتراوح ارتفاع منطقة حوض وادي الرمل ما بين (1-514) متر فوق مستوى سطح البحر.
3. نسبة الانحدار بالمنطقة تتراوح ما بين (0-45)%.
4. تراوح حجم السيل في حوض وادي الرمل ما بين (8.96 – 4.07) مليون متر مكعب، بينما تراوح أقصى تدفق بالحوض ما بين (49.39 -112.85) م^3/ث .
5. تستقبل منطقة حوض وادي الرمل كميات جيدة من الأمطار؛ مما يعمل على جريان الوادي سنوياً، وهذا ما أكده السكان، وتم معرفته من الزيارات الميدانية والمقابلات الشخصية.

6. من الزيارة الميدانية للمنطقة اتضح الضرر الكبير الناتج عن جريان الوادي، والمتمثل في انجراف التربة، وخاصة بمنطقة المنعطفات والتي تزيد من نحت جوانب المجرى، وانجراف التربة، وبالتالي هدم الغطاء النباتي.

التوصيات:

1. إنشاء قاعدة بيانات جغرافية وهيدرولوجية شاملة تغطي الخصائص الطبيعية للمنطقة، لتكون مرجعاً أساسياً لصناع القرار.
2. التوسع في إجراء الدراسات الهيدرولوجية المتخصصة، واستغلال التنوع البيئي للمنطقة كبيئة خصبة للبحث والتطوير.
3. إنشاء سدود تعويقية في مجرى الوادي لتقليل قوة الجريان؛ مما يساهم في حماية ضفاف المجرى من الانجراف عند المنعطفات، ويحافظ على استدامة الغطاء النباتي.
4. تنفيذ أحواض تخزين على طول مسار الوادي لحصاد المياه، والحد من المخاطر والأضرار الناجمة عن السيول.
5. تكثيف برامج التوعية بأهمية المياه ومخاطر الفيضانات، وترشيد استهلاك المياه.
6. لفت انتباه الجهات المعنية بضرورة التصدي لظاهرة الاستنزاف المائي الناتج عن الحفر العشوائي للآبار، خاصة من قبل المستثمرين، ووضع ضوابط صارمة لعمليات تأجير الأراضي وضمان استدامة المورد المائي.

المراجع:

1. البارودي، محمد سعيد. 2012. تقدير أحجام السيول ومخاطرها عند المجرى الأدنى لوادي عرنة جنوب شرق مدينة مكة المكرمة، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. سلسلة بحوث جغرافية، الجمعية الجغرافية المصرية، العدد 48.
2. الخفاجي، ماجد حميد محسن. 2007. الأشكال الأرضية في حوض وادي المالح، رسالة ماجستير غير منشورة. كلية التربية. جامعة المستنصرية، 2007، ص 68.
3. Khaleghi. M. R, Gholami. V, Ghodusi. J, Hosseini. H. (2011). Efficiency of the geomorphologic instantaneous unit hydrograph method in flood hydrograph simulation. CATENA. Volume 87, Issue 2, Pages 163-171.
4. Strahlar. A, (1957). Physical Geography. John Wiley and Sons, United States of America, p. 456.
5. Bahrami. E, Mohammad. O. R, Salarijazi. M, Haghighat. J. P. 2019. Effect of Base Flow and Rainfall Excess Separation on Runoff Hydrograph Estimation using Gamma Model (Case Study: Jong Catchment). KSCE Journal of Civil Engineering.Volume 23, Issue 3, Pages 1420-1426.
6. Pnud – ope. 1987. Ressources en eau les pays de l'Afrique du Projet Nord; RAB/80/011. Guide maghrebin pour 1 execution des etudes et des travaux de retenues collinaires. OPU, Alger.
7. Raghunath, H, M. 2006. Hydrology: principles analysis and design; Revisal second Edition, New Delhi.
8. Ramirez, J. A. 2000. Prediction and modeling of flood Hydrology and Hydraulics: Human, Riparian and Aquatic communities Eds. Ellen Wohl; Cambridge University Press.

9. Remenieras, G. 1972. Hydrologie de l`inge`nieeur; Eyrolles, 3: Edition, Paris.
10. Dubreuil, P. 1974. Initiation al analyse hydrologique; orstom, Masson, Paris.
11. Sudhakar. B. S, Anupam. K. S, Akshay. O. J. 2015. Snyder Unit Hydrograph and GIS for Estimation of Flood for Un-Gauged Catchments in Lower Tapi Basin, India. Hydrology Current Research. 6:1. DOI: 10.4172/2157-7587.1000195.
12. Walling, D&Geogory, K, J. 1973. Drainabasin, Form and Proses, A geomorphological, approach, Edward Arnold, p. 49.

THE LIBYAN JOURNAL OF AGRICULTURE
Volume (31) No. (2) 2026: 13 - 26

Original Article

Hydrological Simulation of Surface Runoff in the Wadi Al-Raml Basin Using Snyder's Synthetic Unit Hydrograph

Abeer Faiz Alkrekchi

Sustainable Development Department - Libyan Climate Change Research Center

ABSTRACT

Numerous studies have addressed the utilization of Snyder's Synthetic Unit Hydrograph model to determine runoff values, as this model relies on employing time coefficients that aid in evaluating morphometric characteristics. Remote Sensing (RS) and Geographic Information Systems (GIS) techniques facilitate the analysis of satellite imagery and the extraction of spatial parameters from Digital Elevation Models (DEM). In this research, a 30-meter resolution DEM was acquired for the Wadi Al-Ramil watershed, which extends from the Al-Garabulli region in the north to the Tarhuna mountains in the south. Analysis within the ArcMap10.8 environment revealed that the elevation of the area ranges from 1 to 514 meters above sea level. Furthermore, the total area of the Wadi Al-Ramil basin reached 442.95 km^2, with a main channel length of approximately 53.05 km. The hydrological response of the basin varies significantly the average lag time (T_p) was estimated at 9.78 hours, while the average time base (T_b) for floods was around 39.14 hours. The potential annual runoff volume in the basin was estimated at an average of 8.96 million m^3 with a peak discharge intensity ranging between 49.39 m^3/s, and 112.85 m^3/s. The findings of this research confirm the existence of real hazards manifested in soil erosion and channel bank degradation, which have led to vegetative cover depletion and the loss of some forests surrounding the wadi.

Keywords: Wadi Al-Ramil-Snyder's Model- Geographic Information Systems (GIS)- Morphometric Characteristics.

Corresponding Author: Abeer Faiz Alkrekchi, Sustainable Development Department - Libyan Climate Change Research Center.

Phone: +218944572352 **Email: aalkrekchi74@gmail.com**

Received: 26/04/2026 **Accepted: 03/07/2026**