



بحوث جغرافية

سلسلة محكمة دورية تصدرها الجمعية الجغرافية السعودية

٨٤

الخصائص الهيدرولوجية وخصائص السيول
في أحواض السدود المقترحة على أودية عالية
في محافظة الخرج

د. فرحان بن حسين الجعدي

الجمعية الجغرافية السعودية (ج ج س)

● هيئة التحرير ●

رئيساً .	أ.د. محمد بن عبد الله الصالح
عضواً .	أ.د. عبد الله بن أحمد الطاهر
عضواً .	أ.د. عبد الله بن سليمان الحديشي
عضواً .	د. محمد بن صالح الربدي
عضواً .	د. محمد بن عبد الحميد مشخص

● الهيئة الاستشارية ●

جامعة أم القرى .	أ.د. ناصر بن عبد الله الصالح
جامعة الكويت .	أ.د. أمل يوسف العذبي الصباح
الجامعة الأردنية .	أ.د. حسن عبد القادر صالح
جامعة الملك سعود .	أ.د. محمد بن عبدالعزيز القباني
جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية .	أ.د. عبد الله بن ناصر الوليعي

● المراسلات ●

ص ب ٢٤٥٦ الرياض ١١٤٥١
هاتف: ٤٦٧٨٧٩٨ فاكس: ٤٦٧٧٧٣٢
بريد إلكتروني: sgs@ksu.edu.sa

تعبر البحوث والدراسات التي تنشر في بحوث جغرافية عن آراء كاتبها، ولا تعبر بالضرورة عن وجهة نظر هيئة التحرير أو الجمعية الجغرافية السعودية .

ISSN 1018-1423
Key title =Buhut Gugrafiyya

● مجلس إدارة الجمعية الجغرافية السعودية ●

أ.د. محمد شوقي بن إبراهيم مكّي	رئيس مجلس الإدارة.
د. محمد بن صالح الربدي	نائب رئيس مجلس الإدارة.
د. عبد الله بن حمد الصليح	أمين السر.
د. محمد بن عبد الله الفاضل	أمين المال.
د. محمد بن عبد الحميد مشخص	رئيس وحدة البحوث والدراسات
د. عنبرة بنت خميس بلال	محررة النشرة الجغرافية
أ.د. علي بن محمد شيان العريشي	عضو مجلس الإدارة.
د. معراج بن نواب مرزا	عضو مجلس الإدارة.
أ. محمد بن أحمد الراشد	عضو مجلس الإدارة.

● (ح) الجمعية الجغرافية السعودية. ١٤٢٨ هـ ●

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
الجعدي، فرحان بن حسين
الخصائص الهيدروفومترية وخصائص السيول في أحواض.... / فرحان بن حسين
الجعدي - الرياض، ١٤٢٩ هـ
٦٠ ص؛ ١٧ × ٢٤ سم - (سلسلة بحوث جغرافية؛ ٨٤)
ردمك: ٩ - ٢ - ٩٠٠٠١ - ٦٠٣ - ٩٧٨
١ - الوديان - السعودية ٢ - الجيولوجية المائية أ. العنوان - ب. السلسلة
ديوي ٥٥١، ٤٨٣
رقم الإيداع: ١٤٢٩/٢٢٢١
ردمك: ٩ - ٢ - ٩٠٠٠١ - ٦٠٣ - ٩٧٨

الملخص

تعرض هذه الدراسة التحليل التكراري للأمطار والتحليل المورفومتري وخصائص السيول للأحواض المغذية للسدود المقترحة على الأحواض العليا لوادي العين، والأحواض العليا لوادي ماوان في منطقة عليية بمحافظة الخرج. حيث تتراوح كميات الأمطار السنوية المناسبة لفترات الرجوع الممتدة بين سنتين و ١٠٠ سنة على التوالي بين ١٠٠.٦ ملم و ٢٤٤ ملم بمحطة الرياض. وبين ٩٨.١ ملم و ٢٤٦.٦ ملم/سنة في محطة الخرج، وبين ٥٧.٤ ملم/سنة و ٢٠٨.٤ ملم/سنة في محطة حوطة بني تميم وبين ٧٢.٣ ملم/سنة و ١٧٨.٦ ملم/سنة في محطة الحريق وأخيراً بين ٧٤.٩ ملم/سنة و ٢٥٤ ملم/سنة في محطة سد وادي حنيقة. ويوضح التحليل المورفومتري أن مساحة حوض التصريف للسد في أعلى وادي العين تتجاوز مساحة الحوض المقترح لسد أعلى وادي ماوان بأكثر من ٧٧ كم^٢. ويصل أعداد المجاري في حوض السد على وادي العين ما يقارب ١١١١ مجرى بأطوال تتجاوز ٧٢٨ كم، وبمتوسط نسبة تشعب تصل إلى ٤.١٨، وكثافة تصريف تصل إلى ٢ كم/كم^٢. بينما يصل أعداد المجاري في حوض السد على وادي ماوان ٢٢٠٧ مجرى، بأطوال تتجاوز ٧٨٥ كم، وبمتوسط نسبة تشعب تصل إلى ٤.٨٤، وكثافة تصريف تصل إلى ٢.٧ كم/كم^٢. ويصل تدفق الذروة لسيول حوض السد على أعلى وادي العين أقصاه بما يعادل ١٣١٠.٤ م^٣/ثانية، بتدفق نوعي قدره ٣.٥٩ م^٣/ثانية/كلم^٢، وبمجم جريان سطحي قدره ١٢٠.١٢٠.٨ م^٣، وبعمق جريان سطحي يصل أقصاه بمقدار ٣٣٣.٤ ملم. في حين يصل تدفق الذروة للسيول في حوض السد في أعلى وادي ماوان أقصاه بما يعادل ١٢٧٩ م^٣/ثانية بتدفق نوعي قدره ٤.٤٥ م^٣/ثانية/كلم^٢ وبمجم جريان سطحي قدره ١١٦.٩ م^٣ وبعمق جريان سطحي يصل أقصاه بمقدار ٤٠٧.١ ملم.

مقدمة

تعاني المنطقة الحضرية في محافظة الخرج كغيرها من المناطق التي تقع في السهول الصحراوية من مشكلة موسمية تتمثل في فيضانات السيول أثناء مواسم الأمطار. وفي الآونة الأخيرة تفاقمت هذه المشكلة وأصبحت أكثر تأثيراً نتيجة للتغيرات التي طرأت على مجاري الأودية من خلال تغيير مساراتها أو تضيقها (نتيجة للتوسع الزراعي والعمراني)، أو وضع العوائق المتمثلة في سوء التصميم لعبارات التصريف ورمي المخلفات بمجاري الأودية. ولتخفيف المشكلة واستجابة لرغبة عدد من المتضررين انصبت الحلول المقترحة على إنشاء السدود على الأودية الرئيسية وخاصة وادي العين وماوان. غير أن هذه الحلول لاقت اعتراض الكثير من المزارعين الذين يستفيدون من مياه السيول وخاصة أولئك الذين يعتمدون في ري مزارعهم على المياه الجوفية السطحية المتجددة **Renewable aquifers** المخترنة في رواسب سهل الخرج.

وتعد السدود من أقدم المنشآت الهندسية التي عرفها الإنسان واستخدمها في تنظيم تدفق المياه في الأنهار والأودية. كما تختلف السدود حسب الغرض من إنشائها فهناك التي أنشئت للحفاظ على مياه الأمطار وتخزينها بهدف تغذية مكامن المياه **Aquifers** في الطبقات الجوفية السطحية، أو تأمين مياه الشرب لبعض المناطق من خلال محطات التنقية المقامة على السدود وأخرى للحد من أخطار فيضانات السيول على المدن ووقاية الأراضي الزراعية المنتشرة على جانبي الأودية وخاصة تلك التي تمتد على المراوح الفيضية والسهول مثل سهل الخرج. ويعتمد إنشاء السدود على عدد من الخصائص التي من أهمها:

- ١ - الخصائص الجيولوجية للموقع وتشمل أنواع الصخور والتشققات والانكسارات والثنيات والتحدبات والتي تعد مواقع ضعف. كذلك خصائص التربة الموجودة بالموقع والتي تؤثر في سرعة نفاذ الكميات للطبقات السفلى.
 - ٢ - الخصائص المورفومترية للوادي الذي سيقام عليه السد من حيث الشكل والاتساع ودرجة انحدار الوادي ومساحة حوض التخزين.
 - ٣ - الخصائص المائية للسيول من حيث كمياتها، وتكرار حدوثها، وبلوغ ذروتها وهي تشكل في مجموعها كميات المياه التي يمكن أن تتجمع في بحيرة السد بعد إنشائه.
 - ٤ - الهدف المنشود من مياه السد سواء للتغذية الطبيعية أو للاستخدام البشري المباشر من بحيرة السد أو للزراعة والري في المناطق المجاورة للسد.
 - ٥ - التكلفة العامة والقيمة الاقتصادية والوضع الديموغرافي للمنطقة والحالة الاجتماعية والأيدي العاملة (الدليمي، ٢٠٠٥م).
- ويتوقف نجاح السدود على الأودية الصحراوية على مدى دقة الدراسات والمعلومات التي يتم جمعها عن الخصائص: الجيولوجية، والجيومورفولوجية، والهيدرولوجية، والهندسية، والبيئية لموقع السد بالإضافة إلى الظروف الاجتماعية والاقتصادية للمنطقة المحيطة. وبما أن حوض التصريف يمثل نظام (System) مورفولوجي تحكمه وتضبطه خواص هندسية ذات قوانين لها علاقات وظيفية متبادلة (مصطفى، ١٩٨٨م)، فإن التحليل المورفومتري للأحواض الجافة يعد أحد أهم العناصر التي يعتمد عليها المخطط عند دراسة

تأثير السيول والفيضانات على المنشآت الحيوية وذلك لما لها من دلالات جيومورفولوجية وهيدرولوجية ترتبط بالعمليات المورفوديناميكية للجريان السيلي (بوروية، ٢٠٠٧ م). فدراسة نظام التصريف وخصائص السيول بالإضافة إلى خصائص الأمطار الساقطة على حوض السد (المعلومات الهيدرولوجية) تفيد كل من الجيومورفولوجي والمهندس والمخطط على حد سواء، فهي ضرورية عند إنشاء كثير من المشاريع الحيوية مثل السدود والطرق والجسور وغيرها. كما تساعد المعلومات الهيدرولوجية على معرفة نوع الفيضان في السد والتصريف الاعتيادي، أي بمعنى آخر التعرف على أعلى موجة فيضان وأقل تصريف ومدى تردد تلك الفيضانات والتي على ضوءها يتم تحديد أهمية السد واستيعابه لأعلى موجة فيضان. لذا فالدراسة الحالية تهدف إلى دراسة الخصائص الهيدرولوجية لأحواض السدود المقترحة في منطقة عليية الواقعة إلى الغرب من سهل الخرج. كما تقدم هذه الدراسة تقديراً لمعدل التدفق الأقصى في الأودية المغذية لحوض كل سد مع اقتراح الحلول البديلة التي سوف تساعد على تخفيف أو منع المشكلة التي يعاني منها سهل الخرج في اجتياح السيول.

السدود في المملكة:

على الرغم من أن ما تم إنشاؤه من السدود في مختلف مناطق المملكة يصل إلى ٢٣٠ سداً إلا أن هذه السدود تخضع حالياً إلى إعادة تقييم واسعة من قبل وزارة المياه والكهرباء ويشارك في هذا التقييم عدد من المختصين في مجالات الهندسة والجيومورفولوجيا والجيولوجيا والزراعة وغيرها. وتبلغ الطاقة التخزينية الإجمالية لهذه السدود حالياً ما يقارب ١,١٣٨,٧٧٦,٣٧٥ متراً مكعباً منها ٦٠ سداً

بمنطقة الرياض و ٢٧ سداً بمنطقة مكة المكرمة و ١٦ سداً بمنطقة المدينة المنورة و ٦٥ سداً بمنطقة عسير و ١٧ سداً بمنطقة حائل و ٢٦ سداً بمنطقة الباحة و ٦ سدود بمنطقة نجران و ٤ سدود بمنطقة القصيم و ٣ سدود بمنطقة جازان و ٣ سدود بمنطقة الجوف و سدان بمنطقة تبوك و سد واحد بمنطقة الحدود الشمالية (وزارة المياه والكهرباء، ٢٠٠٧ م). ومن أهم أنواع السدود في المملكة ما يلي :

- ١- السدود الخرسانية Concrete dams : ينتشر هذا النوع من السدود في مناطق الدرع العربي وخاصة على الأودية ذات المخانق الجبلية الضيقة. ومن مميزات هذا النوع عدم النفاذية للماء وقدرته على صد السيول وتحمل شدة الجريان Durability غير أن من عيوبه التكاليف الباهظة لإنشائه.
- ٢- السدود الركامية Rock-Fill dams : ينتشر هذا النوع من السدود أيضاً في مناطق الدرع العربي ويتم بناءه من الأحجار المتوفرة في الموقع بالإضافة الى الرمل الذي يستخدم في عملية ملء ودك جسم السد. وللحماية من شدة تدفق المياه ولتجنب تسرب المياه تتم تكسية جسم السد بالخرسانة والأحجار الصلبة. ومن مميزات هذا النوع من السدود التكاليف القليلة مقارنة بالنوع السابق.

- ٣- السدود الترابية (Earthen dams) : يعد هذا النوع من السدود الأكثر انتشاراً في المملكة وخاصة في مناطق الرف العربي الرسوبية التي يغلب على أوديتها الانبساط وقلّة الخوانق الجبلية. وعادة ما يستخدم مثل هذا النوع في تغذية الطبقات الرسوبية الواقعة أسفل الأودية. ومن مميزات هذا النوع قلة التكلفة وتوفر المواد الأولية اللازمة للبناء وسهولة التصميم والتنفيذ

والصيانة، غير أن من عيوبه صعوبة الوصول إلى القاعدة الصخرية الصلبة والتي يحتاج الوصول إليها إلى حفر كميات كبيرة من الرواسب في قاع الوادي وذلك من أجل سلامة السد وتعزيز قدرته على التحمل.

٤ - السدود الجوفية: يشبه هذا النوع من السدود السدود الخرسانية من حيث الإنشاء وينتشر على الأودية التي تصرف الدرع العربي (وزارة المياه والكهرباء، ٢٠٠٧ م).

الخصائص الجغرافية لمنطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة ضمن النفوذ الإداري لمحافظة الخرج والتي تقع بشكل كامل ضمن حدود الرف العربي. لذلك تغلب سمة التابع الطبقي للتكوينات الرسوبية من الغرب إلى الشرق على الخريطة الجيولوجية والتي تعود صخورها إلى العصر الجوراسي الأعلى الكربوني (Powers et al., ١٩٦٦). فالتابع الطبقي في منطقة عليية التي تصرفها أودية كل من العين وماوان من الطبقات التالية: طويق وحنيفة والجبيلة، العرب ورواسب العصر الرباعي (الجدول رقم ١). وبدراسة الخرائط الجيولوجية لمنطقة الدراسة نجد سيطرة كاملة لصخور تكوين الجبيلة (Jubaila)، الذي يعود إلى العصر الجوراسي الأعلى (Upper Jurassic formations) وتتراوح سماكته من ٦٠ - ٧٠ م، على المنطقة الغربية من محافظة الخرج وخاصة منطقة عليية. حيث تصرف أودية العين وماوان، والمؤثرة بشكل مباشر في سهل الخرج، صخور هذا التكوين التي تتألف من الحجر الجيري المصفر مع بعض الطبقات الرقيقة من الكلكارينات والدولومايت المتناسك. يلي صخور تكوين الجبيلة صخور جيوية أخرى تعرف باسم تكوين العرب (Arab). وتتألف

هذه الصخور التي تبلغ سماكتها ما يقارب ١٠٠ م من الحجر الجيري البني والبني الفاتح والدولومايت والكلكارينات مع حدوث تغيير في بعض الصخور المكونة له في بعض الأماكن وتحويلها إلى بريشا نتيجة لهبوط الطبقة التي تعرضت للإذابة بفعل المياه. ولعل من أبرز المظاهر الجيولوجية المميزة لصخور هذا التكوين صدع وادي نساح الذي يجرء هذا التكوين إلى جزئين، الجزء الأول إلى الشمال من خط الانكسار ويصرفه الحوض الأدنى لوادي الأوسط والآخر إلى الجنوب من الخط ويصرفه كامل حوض وادي بلجان.

جدول رقم (١): العمود الجيولوجي لمنطقة الدراسة

العمر	التكوين	الرمز على الخريطة	السمك (متر)	الصخور
الرباعي Quaternary	رواسب سطحية	Q	متغير	رواسب فيضية، حصى، رمل، طين، كتبان رملية
الجوراسي	السلي	Ks	١٧٠	الحجر الجيري المصفر والرمادي المبيض
	هيت	Jhi	-٨٠ ١٠٠	انهايدرايت كتلي
	العرب	Ja	١٠٠	الحجر الجيري الدولوماتي المتفتت مع انهايدرايت
	الجبيلة	Ji	١١٨	الحجر الجيري الناري والدولومايت فوق طبقة من الرمل
	حنيفة	Jh	١١٣	الحجر الجيري الناري
	طويق	Jtm		حجر جبيري متكاثف ومتماسك

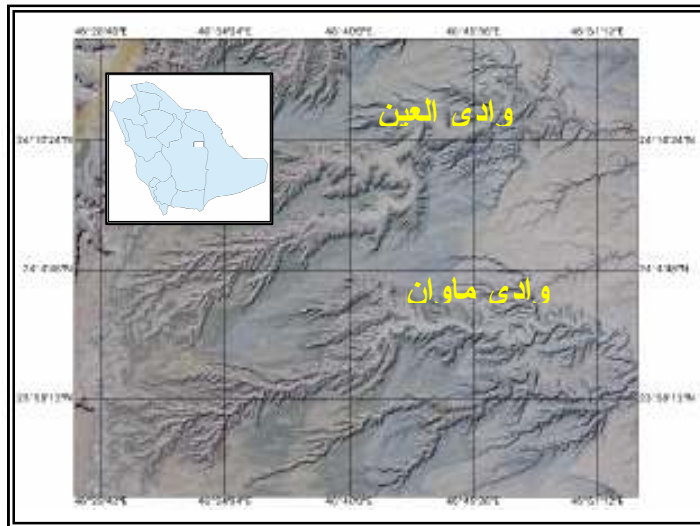
تظهر تكوينات العصر الرباعي على الخريطة الجيولوجية في بطون الأودية وتتألف هذه الرواسب من مواد غرينية وجملايد وحصى ورمال ذات منشأ مائي

وريجي. فالرواسب الفيضية متفاوتة الأحجام المؤلفة من الحجر الجيري تنتشر بالقرب من مخارج شعبان (بكسر الشين وهي جمع شعيب كما ورد المسمى في الخرائط الطبوغرافية السعودية ١/٥٠.٠٠٠) الثميلة والسلوع والملحة في وادي العين و شعبان الركية وجمعان والزلق في وادي ماوان.

تتنوع المظاهر الجيومورفولوجية لمنطقة عليية تبعاً للتكوين الجيولوجي لها حيث تتراوح هذه المظاهر ما بين الأشكال البنيوية التي تشتمل على الهضاب والحواف والبروزات الجبلية والفوالق والصدوع والطيات والأشكال الريحية التي تشتمل على الكثبان الرملية والرق والحماذ والأشكال الفيضية، والتي تشتمل على المجاري المائية والمراوح الفيضية وأحواض التصريف والسهول الفيضية. فالمظهر الجيومورفولوجي العام هو عبارة عن هضبة مقطعة (Dissected plateau)، بشبكة كثيفة من المجاري المائية المنحدرة بشكل عام باتجاه الشرق (شكل رقم ١).

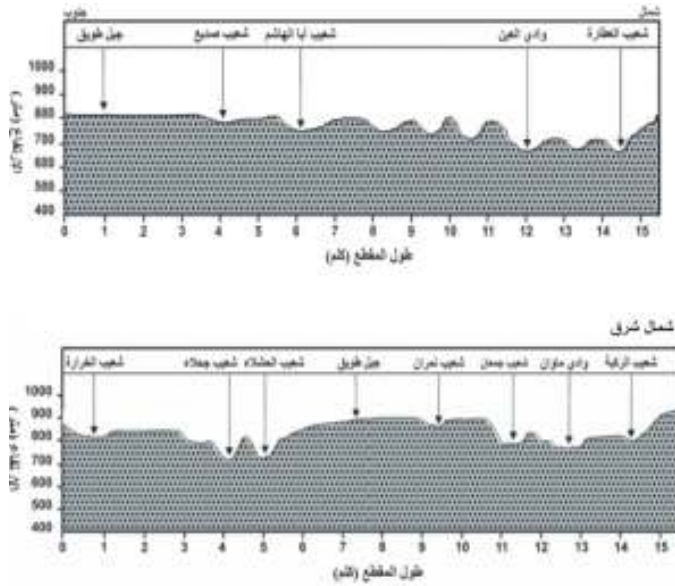
شكل رقم ١ : سطح هضبة عليية وقد قطعت الأودية المنحدرة باتجاه الشرق

كما تظهر على المرئية الفضائية الملتقطة عن طريق سبوت - ٥.

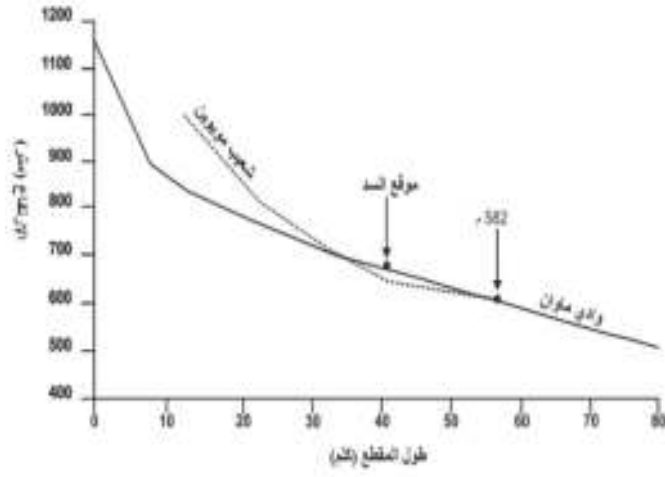
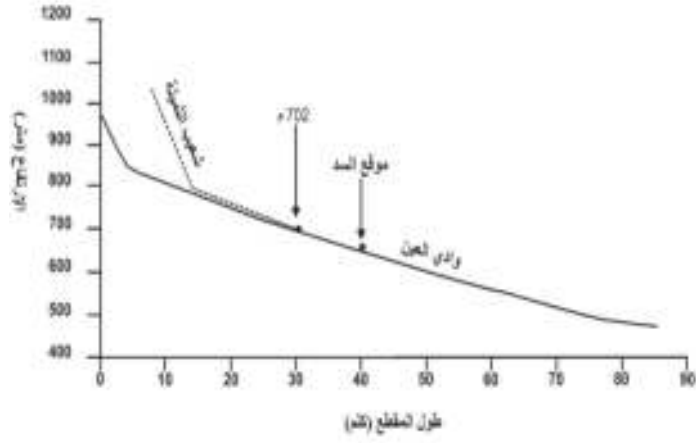


ومن أكبر الأودية التي تصرف هذه الهضبة وتصب مباشرة في سهل الخرج وادي حنيقة ونساح وبلجان والعين أما الغير مباشرة فمن أكبرها ماوان ووثيلان اللذان يصبان في السوط والرغيب قبل أن يصلا إلى سهل الخرج عن طريق وادي الدلم. وتتفاوت سماكة الرواسب الفيضية من شعيب إلى آخر، ففي الأودية المنحدرة باتجاه حوض سد وادي العين يتراوح سمك الرواسب بين ٧ - ٨ أمتار وفي بعض المصاطب في شعيب الثميلة تصل إلى أكثر من ١٠ أمتار (شكل رقم ٢). أما في الأودية المنحدرة باتجاه سد وادي ماوان فتتراوح سماكة الرواسب ما بين ١٠ - ١١ متراً في شعيب الزلق وتقل تدريجياً بالقرب من ملتقى الأودية قبل موقع السد (شكل رقم ٣).

شكل رقم ٢: قطاع عرضي طبوغرافي للأحواض العليا لأودية العين وماوان المغذية للسدود المقترحة



شكل رقم ٢ : قطاع طولي لمجرى الأحواض العليا لأودية العين وماوان المغذية للسدود المقترحة



إن موقع منطقة الحرج في وسط المملكة العربية السعودية وبعدها عن المسطحات المائية يجعلها ضمن النطاق المداري الحار الجاف الذي يغلب عليه المناخ القاري المعروف بشدة الحرارة صيفاً والبرودة شتاءً. ولذلك تتأثر المنطقة بالتقلبات الحرارية التي تحدث ما بين فصل وآخر حيث يصل متوسط درجة الحرارة في فصل الصيف أقصاه خلال شهر يوليو بـ ٤٨° في حين يصل أدناه في فصل الشتاء خلال شهر يناير بـ ٢°. ولذا فإن المتوسط السنوي للتبخر يتأثر بهذا المدى الحراري الكبير بين فصلي الصيف والشتاء بحيث يصل إلى ٢٦٢٩ ملم حسب تقديرات نموذج بنمان (Penman)، في بعض مناطق المملكة العربية السعودية (Al-Saaran, ١٩٩٩).

تعد أمطار منطقة الدراسة أمطاراً متذبذبة وغير منتظمة تتساقط عادة بشكل فجائي وبزخات شديدة ومتباينة الكمية في المكان والزمان كما هو الحال في الأقاليم الجافة. ونظراً لغياب محطات قياس الأمطار والمحطات المناخية على مستوى مساحة التصريف لأحواض الدراسة فقد تمت الاستعانة بخمس محطات مجاورة لهذه الأحواض وهي: محطة الرياض، محطة سد حنيقة، محطة حوطة بني تميم، محطة الحرج، محطة الحريق (الجدول ٢).

جدول ٢ : المتوسطات الشهرية للأمطار الممتدة من ١٩٧٥ إلى ٢٠٠٠ م.

الشهر	الرياض	الخرج	سد خنيقة	الحريق	حوظة بني تميم	المتوسط	النسبة (%)
يناير	١٧.٧	١٦.٥	١٦.٠	٨.٩	٥.١	١٢.٨	١٤.٢
فبراير	٧.٢	٤.٧	٤.٥	٧.٥	٤.٨	٥.٧	٦.٣
مارس	٢٧.٥	٢٨.٤	٢٤.١	٢٣.٣	٢٤.٥	٢٥.٨	٢٨.٣
أبريل	٢٦.٦	٢٨.٢	١٢.٧	٢٩.٤	١٧.١	٢٢.٨	٢٥.٣
مايو	٥.٢	٥.٤	٧.٠	٥.٥	٠.٨	٤.٨	٥.٤
يونيو	٠.٠	٠.٠	٠.٥	٠.٠	٠.٠	٠.١	٠.١
يوليو	٠.٠	٠.٠	٠.٠	٠.٠	٠.٠	٠.٠	٠.٠
أغسطس	٠.١	٠.١	٠.٤	٠.٤	٠.٠	٠.٢	٠.٢
سبتمبر	٠.٠	٠.٠	٠.٠	٠.٠	٠.٠	٠.٠	٠.٠
أكتوبر	٢.٢	٢.٤	٠.٤	١.١	١.٢	١.٥	١.٦
نوفمبر	٩.٩	٧.٣	٣.٩	٤.٣	٠.٤	٥.٢	٥.٧
ديسمبر	١٣.٩	١٦.٢	١٠.٢	٥.٩	١٢.٢	١١.٧	١٢.٩
المجموع	١١٠.٣	١٠٩.٢	٧٩.٧	٨٦.٣	٦٦.١	٩٠.٤	١٠٠.٠

منهجية الدراسة:

تعتمد منهجية هذه الدراسة على مايلي:

أولاً) بيانات الدراسة:

- ١- الحصول على مرئيات الاستشعار عن بعد المتمثلة في مرئية سبوت - ٥ (SPOT-٥)، من مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية وذلك لإجراء القياسات المتعلقة بالمتغيرات المورفومترية وخصائص الشبكة.

- ٢- الحصول على الخرائط الطبوغرافية مقياس ١/٥٠,٠٠٠ من إدارة المساحة العسكرية لأخذ القياسات المتعلقة بالمناسيب ونقاط الارتفاعات وقراءة خطوط الكنتور كما تم الحصول على الخرائط الجيولوجية ١/٢٥٠,٠٠٠.
- ٣- الحصول على بيانات الأمطار للمحطات المحيطة بمنطقة الدراسة وهي محطات الرياض والخرج وحوطة بني تميم والحريق وسد وادي حنيفة.

ثانياً التحليل التكراري للأمطار:

إجراء التحليل التكراري للأمطار على بيانات الأمطار للمحطات المحيطة بمنطقة الدراسة للفترة من ١٩٧٥ - ٢٠٠٥ م. كما تم حساب فترات الرجوع (Return) Period، واحتمالية حدوث الأمطار السنوية وذلك بتطبيق المعادلات التالية:

- ١- استخدام طريقة مربع كاي لإختبار حسن مطابقة كميات الأمطار للتوزيع الإحتمالي الطبيعي (Probability Normal Distribution)، (الصالح، ١٩٩٤ م).
- ٢- استخدام نموذج قوس (Gauss)، لتقدير كميات الأمطار السنوية لفترات الرجوع المختلفة كما يلي:

$$P_p = \bar{P} + (\sigma P \cdot u) \quad (1)$$

بحيث يُمثل:

P_p : كمية الأمطار السنوية (ملم) المناسبة لفترة الرجوع T (سنة) الموافقة لقيمة "u".

\bar{P} : متوسط كمية الأمطار السنوية المقاسة بالمحطة (ملم).

σ_P : الانحراف المعياري للأمطار السنوية المقاسة بالمحطة (ملم).

u : متغير قوس (Gauss variable)، المحسوب

٣- تقدير فترات الرجوع المختلفة المناسبة لكميات الأمطار السنوية المقاسة بواسطة المعادلة التالية:

$$u = \frac{P_i - \bar{P}}{\sigma_P} \quad (٢)$$

٤- حساب الخطأ المعياري للمتوسط بتطبيق المعادلة التالية :

$$Se\bar{P} = \frac{\sigma_P}{\sqrt{n}} \quad (٣)$$

٥- حساب الخطأ المعياري للانحراف المعياري بتطبيق المعادلة التالية :

$$Se\bar{P} = \frac{\sigma_P}{\sqrt{2n}} \quad (٤)$$

ثالثاً) الخصائص المورفومترية لأحواض التغذية:

يلعب التحليل المورفومتري لأحواض التغذية للسدود دوراً رئيساً في عملية تقييم الموقع المناسب لإنشائها وذلك لارتباطه بقياس الخصائص المساحية والشكلية لهذه الأحواض من جهة وخصائص الشبكة المائية لها من جهة أخرى في صورة رقمية بدلاً من الأساليب الوصفية. فتحليل الخصائص المساحية والشكلية يعكس الظروف الجيولوجية والجيومورفولوجية للأحواض بينما يعكس تحليل خصائص الشبكة المائية الهيدرولوجية لها (مرزا والبارودي، ٢٠٠٥م). وفي هذه الدراسة تم أخذ القياسات وتحليل شبكة المجاري وأشكال الأحواض

المائية المغذية للسدود باستخدام برنامج الـ ArcGIS كما تم استخدام المعادلات التالية :

١- معامل شكل الحوض المائي Factor Form (Horton, ١٩٣٢).

$$F = \frac{A}{L_b} \quad (٥)$$

بحيث يمثل :

A : مساحة الحوض المائي (كم^٢).

L_b : أقصى طول للحوض المائي (كم).

F : معامل شكل الحوض المائي.

٢- معامل التماسك (الاندماج) للحوض المائي Compacity Index : (Horton, ١٩٣٢).

$$C_I = ٠.٢٨ \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (٦)$$

بحيث يمثل :

A : مساحة الحوض المائي (كم^٢).

P : محيط الحوض المائي (كم).

C_I : معامل التماسك (الاندماج) للحوض المائي.

٣- معامل استدارة الحوض المائي Circularity Index : (Miller, ١٩٥٣).

$$R_c = \frac{A}{A_c} \quad (٧)$$

بحيث يمثل :

A : مساحة الحوض المائي (كم^٢).

A_c : مساحة دائرة لها محيط يساوي محيط الحوض المائي (كم^٢).

R_c : معامل استدارة الحوض المائي

٤ - نسبة استطالة الحوض المائي Elongation Ratio (Schumm, ١٩٥٦):

$$R_e = \frac{D_c}{L_b} \quad (٨)$$

بحيث يمثل :

D_c : قطر دائرة لها مساحة تساوي مساحة الحوض المائي (كم).

L_b : أقصى طول للحوض المائي (كم).

R_e : نسبة استطالة الحوض المائي.

رابعاً) قياس التدفق في حوض التخزين:

ولحساب التدفق اليومي الأقصى للسيول discharge peak تم استخدام نموذج سنايدر (Snyder's model) لأنه يعتمد على المتغيرات المورفومترية لأحواض التصريف في ظل غياب القياسات التي تتم بالمحطات المورفومترية بتطبيق الخطوات العملية التالية: (الجعدي و بوروبة، ١٤٢٨م).

١ - حساب زمن التركيز للحوض المائي (T_c) Time concentration

وقد تم استخدام نموذج جياندوتي Giandotti التالي: (Jaton, ١٩٨٠).

$$T_c (\text{min}) = ٧٥ \left[\frac{٤ (S) \cdot ٠.٥ + (١.٥ L)}{٠.٨ (H') \cdot ٠.٥} \right] \quad (٩)$$

S : مساحة الحوض المائي (كم^٢).

L : طول المجرى الرئيس (كم).

H' : فارق الارتفاع بين الارتفاع المتوسط والارتفاع الأدنى للحوض المائي (متر).

٢- حساب فترة استجابة الحوض المائي لهطول الأمطار (ساعات) Lag Time (hr) وهي الفترة الزمنية الفاصلة بين ذروة هطول الأمطار وذروة التدفق على هيدروغراف السيل. وتحسب هذه الفترة الزمنية بتطبيق المعادلة التالية: (Raghunath, ١٩٩١).

$$t_p (hr) = Ct (L_b L_{ca})^{٠.٣} \quad (١٠)$$

بحيث يمثل:

L_b : طول المجرى الرئيس (كم).

L_{ca} : المسافة الفاصلة بين مصب الحوض المائي ومركز ثقله (كم).

t_p (hr) : فترة استجابة الحوض المائي لهطول الأمطار (ساعات).

Ct : معامل خاص بطبيعة الحوض وانحداره تتراوح قيمته بين ٠.٥ و ٢ بحيث يستخدم ٠.٥ مع الأراضي المستوية و ١.٥ للأراضي شديدة الانحدار و ٢ للأراضي المتموجة (خضير، ١٩٩٨ م ص ٦١).

٣- حساب الفترة الزمنية المثالية لهطول الأمطار (ساعات) بتطبيق المعادلة التالية: (Réméniéras, ١٩٧٢).

$$t_r(hr) = \frac{t_p(hr)}{٥.٥} \quad (١١)$$

بحيث يمثل :

t_p (hr) : فترة استجابة الحوض المائي لهطول الأمطار (ساعات) المحسوبة من المعادلة (١٠).

t_r (hr) : الفترة الزمنية المثالية لهطول الأمطار (ساعات).

وتستخدم هذه المعادلة عندما تكون فترة هطول الأمطار $t_r(hr)$ لا تتجاوز زمن التركيز للحوض المائي $T_c(hr)$: $[t_r(hr) < T_c(hr)]$. أما إذا كانت فترة هطول الأمطار تتجاوز زمن التركيز للحوض المائي $[t_r(hr) > T_c(hr)]$ فإنه يجب تعديل قيمة فترة استجابة الحوض المائي على النحو التالي : (عبد الرحمن ومارديني، ٢٠٠٣ م).

$$t_{pr}(hr) = t_p(hr) + \frac{t'_p(hr) - t_r(hr)}{\epsilon} \quad (12)$$

بحيث يمثل :

$t_{pr}(hr)$: فترة استجابة الحوض المائي لهطول الأمطار المعدلة (ساعات) والموافقة للفترة الفعلية لهطول الأمطار وهي الفترة المحصورة بين ذروة هطول الأمطار وذروة التدفق على هيدروغراف السيل (ساعات).

t_p (hr) : فترة استجابة الحوض المائي لهطول الأمطار (ساعات) المحسوبة من المعادلة (١٠) والموافقة للفترة المثالية لهطول الأمطار $t_r(hr)$ (ساعات).

t'_p (hr) : الفترة الفعلية لهطول الأمطار (ساعات).

ولقد تم تطبيق المعادلة (١١) لحساب قيمة t_r (hr) الفترة الزمنية المثالية لهطول الأمطار (ساعات) لأن $t_r(hr) < T_c(hr)$ بالأحواض المائية المدروسة.

٤- حساب قيمة التدفق الأقصى للسيول باستخدام نموذج سنايدر Snyder's model : (Chow et. al., ١٩٨٨).

$$Q_p (m^3/s) = \frac{C_p A}{t_p (hr)} \quad (١٣)$$

بحيث يمثل :

Q_p : كمية التدفق الأقصى للسيول بالحوض المائي (م^٣. ثانية^{-١}).

A : مساحة الحوض المائي (كم^٢).

t_p (hr) : فترة استجابة الحوض المائي لهطول الأمطار(ساعات) المحسوبة من المعادلة (١٠).

C_p : معامل يرتبط بقابلية الحوض المائي لتخزين المياه وتتراوح قيمته بين ٢.٠ و ٦.٥.

ويتناسب هذا النموذج مع العواصف المطرية التي بإمكانها أن تتسبب في حدوث جريان سطحي بعمق (سمك) لا يقل عن ٢٥ - ٢٦ ملم (ما يعادل ١ بوصة).

٥- حساب الفترة الأساس للسيول (يوم) Time base (days) في نموذج سنايدر بتطبيق إحدى المعادلات التالية : (عبد الرحمن ومارديني ، ٢٠٠٣).

$$T_b (days) = 3 \left[1 + \frac{t_p (hr)}{24} \right] \quad (١٤)$$

T_b (days) : الفترة الأساس للسيول (يوم).

t_p (hr) : فترة استجابة الحوض المائي لهطول الأمطار(ساعات) المحسوبة من المعادلة (١٠).

أما عند توفر البيانات الخاصة بفترة هطول الأمطار الفعلية فإن فترة الأساس بالساعات تحسب بتطبيق المعادلة الآتية:

$$T_b (hr) = T_m (hr) \quad (15)$$

بحيث يمثل $T_m (hr)$ فترة ارتفاع تدفق الذروة (ساعات) وهو يحسب في هذه الحالة بتطبيق المعادلة الآتية:

$$T_m (hr) = t_p (hr) + \frac{t'_r (hr)}{4} \quad (16)$$

بحيث يمثل:

$t_p (hr)$: فترة استجابة الحوض المائي لهطول الأمطار (ساعات) المحسوبة من المعادلة (١٠).

$t'_r (hr)$: الفترة الفعلية لهطول الأمطار (ساعات).

٦- حساب فترة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل $T_m (hr)$ بتطبيق المعادلة التالية: (Raghunath, 1991).

$$T_m (hr) = \frac{1}{3} T_b (hr) \quad (17)$$

بحيث يمثل:

$T_m (hr)$: فترة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل (ساعات) وهي الفترة الزمنية الممتدة من بداية جريان السيل إلى فترة ذروته على الهيدروغراف.

$T_b (hr)$: زمن الأساس (القاعدة) (ساعات) وقد يتم تقديره بواسطة المعادلة (١٤).

٧- حساب فترة الانخفاض التدريجي لتدفق السيل (ساعات) $T_d (hr)$ بتطبيق المعادلة التالية: (Raghunath, 1991).

$$T_d (hr) = \frac{2}{3} T_b (hr) \quad (18)$$

بحيث يمثل :

$T_d(hr)$: فترة الانخفاض التدريجي لتدفق السيل (ساعات) وهي الفترة الزمنية الممتدة من ذروة التدفق إلى نهايته على الهيدروغراف.
 $T_b(hr)$: زمن الأساس (القاعدة) (ساعات) وقد يتم تقديره بواسطة المعادلة (١٤).

٨- حساب قيمة تدفق الذروة النوعي للحوض المائي $q_p(m^3/s/km^2)$ بتطبيق المعادلة التالية : (Dubreuil, ١٩٧٤).

$$q_p (m^3/s/km^2) = \frac{Q_p (m^3/s)}{A (km^2)} \quad (19)$$

$A(km^2)$: مساحة الحوض المائي (كم^٢).

$Q_p(m^3/s)$: قيمة تدفق الذروة للسيل (م^٣/ثانية) المحسوب من المعادلة (١٣).

٩- حساب الفترة الزمنية $W_{٥٠}$ و $W_{٧٥}$ المناسبين لعرض منحني السيل (الهيدروغراف) عند مستوى ٥٠٪ و ٧٥٪ على التوالي من تدفق الذروة بتطبيق المعادلتين التاليتين : (عبد الرحمن ومارديني، ٢٠٠٣ م).

$$W_{٥٠}(hr) = \frac{٥.٦}{(q_p)^{١.٠٨}} \quad (20)$$

$$W_{٧٥}(hr) = \frac{٣.٢١}{(q_p)^{١.٠٨}} \quad (21)$$

بحيث يمثل :

$W_o(hr)$ و $W_{vo}(hr)$: الفترة الزمنية المناسبة لقيمة ٥٠٪ و ٧٥٪ من التدفق الأقصى للسيل (م^٣/ثانية).

q_p : تدفق الذروة النوعي للحوض المائي (م^٣/ثانية/كم^٢) وقد تم تقديره من المعادلة (١٩).

١٠- حساب تركيز الأمطار المناسبة لتدفق الذروة بتطبيق المعادلة التالية: (Raghunath, ١٩٩١).

$$i (cm/hr) = \frac{1}{t_r (hr)} \quad (22)$$

بحيث يمثل :

$i (cm/hr)$: تركيز (كثافة) الأمطار في الزمن (سم / ساعة).

$t_r (hr)$: الفترة الزمنية المثالية لهطول الأمطار (ساعات) وقد تم تقديرها بواسطة المعادلة (١١).

١١- حساب حجم السيل بتطبيق المعادلة الآتية: (PNUD-OPE, ١٩٨٧).

$$AL (Hm^3) (١٠^٦ m^3) = Q_p (m^3/s) \{T_m (sec.) ١٠^{-٦}\} \quad (23)$$

بحيث يمثل :

$AL (Hm^3) (١٠^٦ m^3)$: حجم التدفق للسيل على مستوى الحوض المائي (مليون م^٣).

$Q_p (m^3/s)$: التدفق الأقصى للسيل (م^٣/ثانية) وقد تم تقديره من المعادلة (١٣).

$T_m (hr)$: فترة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل (ساعات) وقد تم تقديرها من المعادلة (١٧).

١٢- حساب سمك (عمق) الجريان السطحي المناسب لذروة تدفق السيل باستخدام المعادلة الآتية:

$$E(mm) = q_p \max (m^3/s/km^2) \{ T_m(sec.) \times 10^{-3} \} \quad (24)$$

بحيث يمثل:

E(mm) : عمق (سمك) الجريان السطحي (ملم).

T_m(sec.) : فترة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل (ثانية) وقد تم تقديره من المعادلة (١٧).

١٣- حساب قوة السيل "A" بتطبيق المعادلة التالية: (Mebarki, ١٩٨٢).

$$A = \frac{Q_p (m^3/s)}{\sqrt{A} (km^2)} \quad (25)$$

بحيث يمثل:

Q_p (m³/s) : تدفق ذروة السيل (م³/ثانية) وقد تم تقديره من المعادلة (١٣).

A (km²) : مساحة الحوض المائي (كم²).

A : معامل قوة السيل.

المناقشة والتحليل:

يوضح الجدول رقم (٣) مواصفات السدود المقترحة في منطقة عليية وبالتحديد في الأحواض العليا لأودية العين وماوان حسب ما ورد في المواصفات التي وضعتها وزارة المياه والكهرباء. وتصنف هذه السدود على أنها سدود ترابية

من ناتج مواد الحفر والغرض منها للاستعاضة بطاقة تخزينية تصل في سد وادي العين إلى ١.٧٨٢ مليون متر مكعب وتصل في سد وادي ماوان إلى ١.٣٠٢ مليون متر مكعب. يبلغ ارتفاع سد وادي العين ١٠ أمتار وسد وادي ماوان بحوالي ٩ أمتار عن سطح الأرض بينما يبلغ طول السد في وادي العين ٥٠٧ متراً وفي وادي ماوان ٥١٠ متراً. كما يبلغ ارتفاع المفيض (المنشأة الرئيسة في السد والتي تعمل على تأمين تصريف فائض المياه) في سد وادي العين إلى سبع أمتار بطول ٣٠ متراً وفي سد وادي ماوان إلى ست أمتار بطول ٣٥ متراً.

جدول رقم (٣): مواصفات السدود المقترحة في أودية منطقة عليية

السد	سعة التخزين (مليون م ^٣)	الطول (م)	الارتفاع (م)	ارتفاع المفيض (م)	طول المفيض (م)	النسب (م)
أعلى العين	١.٧٨٢	٥٠٧	١٠	٧	٣٠	٦٥٠
أعلى ماوان	١.٣٠٢	٥١٠	٩	٦	٣٥	٦٦٩

المصدر: وزارة المياه والكهرباء

التحليل التكراري للأمطار لمنطقة الدراسة:

يوضح الجدول رقم (٤) تقدير كميات الأمطار السنوية باستخدام نموذج قوس (Gauss)، الموضح في المعادلة رقم (١) مع الإحاطة بأن بيانات الأمطار السنوية تتوافق مع قيم مربع كاي لاختبار حسن مطابقة كميات الأمطار السنوية للتوزيع الإحتمالي الطبيعي (Probability Normal Distribution). وتتراوح هذه القيم لفئات الأمطار السنوية بين ٠.٩٠٤٧ بمحطة سد وادي حنيفة و ٥.٨٩٣

بمحطة الخرج عند درجة الحرية $U = 3$ ومستوى الدلالة 0.05 بجميع المحطات وعند درجة الحرية $U = 2$ ومستوى الدلالة 0.05 بمحطة حوطة بني تميم وهي قيم أصغر من القيمة الحرجة لمربع كاي المجدولة X_t^2 .

جدول ٤ : القيم وفقاً لنموذج قوس للأمطار السنوية

المحطة	P'	σPi	نموذج التعديل (قوس Gauss)
الرياض	١٠٠.٦	٦١.٨	$Pp = 100.6 + (61.8 u)$
الخرج	٩٨.١	٦٤.٠	$Pp = 98.1 + (64.0 u)$
حوطة بني تميم	٥٧.٤	٦٥.١	$Pp = 57.4 + (65.1 u)$
الحريق	٧٢.٣	٤٥.٨	$Pp = 72.3 + (45.8 u)$
سد وادي حنيقة	٧٤.٩	٧٧.٢	$Pp = 74.9 + (77.2 u)$

كما يوضح الجدول رقم (٥) متوسط الأمطار السنوية المناسبة لفترات الرجوع الممتدة بين سنتين و ١٠٠ سنة بواسطة نموذج التوزيع الإحتمالي الطبيعي (Probability Normal Distribution) نموذج قوس (Gauss Model). حيث تتراوح كميات الأمطار السنوية المناسبة لفترات الرجوع بين ١٠٠.٦ ملم لسنتين و ٢٤٤.٠ ملم لكل ١٠٠ سنة بمحطة الرياض. وتتراوح في محطة الخرج بين ٩٨.١ ملم لسنتين و ٢٤٦.٦ ملم لكل ١٠٠ سنة. وفي محطة حوطة بني تميم تتراوح القيم بين ٥٧.٤ ملم لكل سنتين و ٢٠٨.٤ ملم لكل ١٠٠ سنة. وفي محطة الحريق تتراوح القيم بين ٧٢.٣ ملم لكل سنتين و ١٧٨.٦ ملم لكل ١٠٠ سنة. وأخيراً تتراوح

القيم في محطة سد وادي حنيفة بين ٧٤.٩ ملم لكل سنتين و ٢٥٤.٠ ملم لكل ١٠٠ سنة.

جدول ٥: تقدير متوسطات الأمطار السنوية المناسبة لمختلف فترات الرجوع

فترة الرجوع (سنة) T	الرياض	الخرج	حوطة بني تميم	الحريق	سد وادي حنيفة
سنتان	١٠٠,٦	٩٨,١	٥٧,٤	٧٢,٣	٧٤,٩
٥ سنوات	١٥٢,٥	١٥١,٩	١١٢,١	١١٠,٨	١٣٩,٧
١٠ سنوات	١٧٩,٧	١٨٠,٠	١٤٠,٧	١٣٠,٩	١٧٣,٧
٢٠ سنة	٢٠٢,٦	٢٠٣,٧	١٦٤,٨	١٤٧,٩	٢٠٢,٣
٣٠ سنة	٢١٦,٨	٢١٨,٤	١٧٩,٨	١٥٨,٤	٢٢٠,٠
٤٠ سنة	٢٢١,٧	٢٢٣,٥	١٨٥,٠	١٦٢,١	٢٢٦,٢
٥٠ سنة	٢٢٧,٣	٢٢٩,٣	١٩٠,٩	١٦٦,٢	٢٣٣,٢
٦٠ سنة	٢٢٧,٣	٢٢٩,٣	١٩٠,٩	١٦٦,٢	٢٣٣,٢
٧٠ سنة	٢٢٧,٩	٢٢٩,٩	١٩١,٥	١٦٦,٦	٢٣٣,٩
٨٠ سنة	٢٣٦,٦	٢٣٨,٩	٢٠٠,٦	١٧٣,١	٢٤٤,٧
٩٠ سنة	٢٣٩,٠	٢٤١,٥	٢٠٣,٢	١٧٤,٩	٢٤٧,٨
١٠٠ سنة	٢٤٤,٠	٢٤٦,٦	٢٠٨,٤	١٧٨,٦	٢٥٤,٠

ويوضح الجدول رقم (٦) تكرارية الأمطار السنوية المناسبة لفترات الرجوع حيث تتراوح في المحطات المدروسة بين سنة و ٩ سنوات بمحطتي الرياض والحريق وسنة و ٦ سنوات بمحطة الخرج وسنة و ١٧ سنة بمحطة حوطة بني تميم وسنة و ٢٢ سنة بمحطة سد وادي حنيفة. ويوضح الجدول رقم (٧) تقدير كميات الأمطار الشهرية باستخدام نموذج قوس (Gauss). وتتراوح قيم مربع كاي المحسوبة X_c^2 لفئات الأمطار الشهرية بين ٣.١٦٩٨ بمحطة الرياض عند درجة الحرية $U=6$ و ٨.١١٦٣ بمحطة الخرج عند درجة الحرية $U=5$ ومستوى الدلالة ٠.٠٥ بجميع المحطات وعند درجة الحرية $U=2$ ومستوى الدلالة ٠.٠٥ وهي قيم أصغر من القيمة الحرجة لمربع كاي الجدولة X_t^2 . وعليه فإن بيانات

الأمطار الشهرية تتوافق مع التوزيع الإحتمالي الطبيعي عند مستوى الدلالة المذكور.

جدول ٦ : تكرارية الأمطار السنوية المناسبة لفترات الرجوع المختلفة

المحطة	كمية الأمطار (مم)	عدد التكرار	%	فترة الرجوع (سنة) T
	٣٠.٩ - ٢٤.٥	٣	١١.٥	١.٠
	٩٥.٧ - ٣٨.٣	١٣	٥٠.٠	١.٥ - ١.١
الرياض	١١٩.١ - ١٠٣.٧	٤	١٥.٤	١.٩ - ١.٦
	٢٣٣.٧ - ١٧٦.٦	٦	٢٣.١	٩.١ - ٣.٩
	المجموع	٢٦	١٠٠	---
	٢٢.٥ - ٠	٢	٧.٧	١.٠
	٩٢.٣ - ٢٧.٥	١٤	٥٣.٨	١.٥ - ١.١
الخرج	١٠٤.٧ - ١٠٢.٧	٢	٧.٧	١.٧
	١٥٤.٩ - ١٥١.٥	٢	٧.٧	٣.٠ - ٢.٨
	٢٠٨.٧ - ١٧٩.٣	٦	٢٣.١	٦.١ - ٤.١
	المجموع	٢٦	١٠٠	---
	٤٨.٥ - ٠	٢٠	٦٢.٥	١.٥ - ١.١
	٧٨.٠ - ٥٦.٠	٦	١٨.٨	١.٩ - ١.٦
حوطة بني تميم	١٣٦.٠ - ٨٩.٠	٣	٩.٣	٣.٩ - ٢.٢
	٢٤١.٥ - ١٩٩.٥	٣	٩.٣	١٧.٤ - ٩.٤
	المجموع	٣٢	١٠٠	---
	١٧.٠ - ٠	٤	١٢.٥	١.٠
	٦٨.٠ - ٢٨.٠	١٣	٤٠.٦	١.٥ - ١.١
الخریق	٨٤.٠ - ٧٦.٨	٣	٩.٤	١.٩ - ١.٧
	١٢٧.٠ - ٩١.٠	٨	٢٥.٠	٣.٨ - ٢.١
	١٧٠.٠ - ١٤٣.٨	٤	١٢.٥	٩.٠ - ٥.٣
	المجموع	٣٢	١٠٠	---
	٩٦.٠ - ٠	١١	٦٨.٨	١.٩ - ١.١
سد وادي حنيقة	١٢٨.٥ - ١٠٦.٨	٤	٢٥.٠	٢.٥ - ٢.١
	٣١٢.٣	١	٦.٢	٢٢.٢
	المجموع	١٦	١٠٠	---

جدول ٧ : نماذج التعديل للأمطار الشهرية

المحطة	P'	σP_i	نموذج التعديل (قوس Gauss)
الرياض	١٦,٥	٢٠,٩	$P_p = ١٦,٥ + (٢٠,٩ u)$
الخرج	١٩,٨	٢٢,٤	$P_p = ١٩,٨ + (٢٢,٤ u)$
حوطة بني تميم	٢١,٦	٣٠,٣	$P_p = ٢١,٦ + (٣٠,٣ u)$
الحريق	١٩,١	٢٠,٣	$P_p = ١٩,١ + (٢٠,٣ u)$
سد وادي حنيفة	١٧,٦	٢٢,١	$P_p = ١٧,٦ + (٢٢,١ u)$

كما يوضح الجدول رقم (٨) متوسط الأمطار الشهرية المناسبة لفترات الرجوع الممتدة بين سنتين و ١٠٠ سنة بواسطة نموذج التوزيع الإحتمالي الطبيعي (Probability Normal Distribution) نموذج قوس (Gauss Model). حيث تتراوح كميات الأمطار الشهرية المناسبة لفترات الرجوع في محطة الرياض بين ١٦.٥ ملم لكل سنتين و ٦٥.٠ ملم لكل ١٠٠ سنة وفي محطة الخرج بين ١٩.٨ ملم لكل سنتين و ٧١.٨ ملم لكل ١٠٠ سنة وفي محطة حوطة بني تميم بين ٢١.٦ ملم لكل سنتين و ٩١.٩ ملم لكل ١٠٠ سنة وفي محطة الحريق بين ١٩.١ ملم لكل سنتين و ٦٦.٢ ملم لكل ١٠٠ سنة وفي محطة سد وادي حنيفة بين ١٧.٦ ملم لكل سنتين و ٦٨.٩ ملم لكل ١٠٠ سنة.

ويوضح الجدول رقم (٩) تكرارية الأمطار الشهرية المناسبة لفترات الرجوع حيث تتراوح في المحطات المدروسة بين سنة و ٧٩ سنة بمحطة الرياض وسنة و ٢٦ سنة بمحطة الخرج وسنة و أكثر من ٢٤ سنة بمحطة حوطة بني تميم وسنة و أكثر من ١٠٠ سنة بمحطة الحريق وسنة و ٧٢ سنة بمحطة سد وادي حنيفة.

جدول ٨ : تقدير متوسطات الأمطار الشهرية المناسبة لمختلف فترات الرجوع

فترة الرجوع (سنة) T	الرياض	الخرج	حوطة بني تميم	الحريق	سد وادي حنيفة
سنتان	١٦.٥	١٩.٨	٢١.٦	١٩.١	١٧.٦
٥ سنوات	٣٤.١	٣٨.٦	٤٧.١	٣٦.٢	٣٦.٢
١٠ سنوات	٤٣.٣	٤٨.٥	٦٠.٤	٤٥.١	٤٥.٩
٢٠ سنة	٥١.٠	٥٦.٨	٧١.٦	٥٢.٦	٥٤.١
٣٠ سنة	٥٥.٨	٦١.٩	٧٨.٦	٥٧.٣	٥٩.١
٤٠ سنة	٥٧.٥	٦٣.٧	٨١.٠	٥٨.٩	٦٠.٦
٥٠ سنة	٥٩.٣	٦٥.٧	٨٣.٧	٦٠.٧	٦٢.٩
٦٠ سنة	٥٩.٣	٦٥.٧	٨٣.٧	٦٠.٧	٦٢.٩
٧٠ سنة	٥٩.٦	٦٥.٩	٨٤.٠	٦٠.٩	٦٣.١
٨٠ سنة	٦٢.٥	٦٩.١	٨٨.٣	٦٣.٨	٦٦.٢
٩٠ سنة	٦٣.٣	٧٠.٠	٨٩.٥	٦٤.٦	٦٧.١
١٠٠ سنة	٦٥.٠	٧١.٨	٩١.٩	٦٦.٢	٦٨.٩

الخصائص المورفومترية لأحواض السدود المقترحة على وادي

العين وماوان:

يوضح الجدول رقم (١٠) نتائج تحليل الخصائص التضاريسية والشكلية

لأحواض السدود المقترحة. حيث تتجاوز مساحة حوض التصريف للسد في أعلى

وادي العين مساحة الحوض المقترح لسد أعلى وادي ماوان بأكثر من ٧٧ كم^٢.

جدول ٩: تكرارية الأمطار الشهرية المناسبة لفترات الرجوع المختلفة

المحطة	كمية الأمطار (مم)	عدد التكرار	%	فترة الرجوع (سنة) T
	١٣.٠ - ٠.٠	٩٣	٥٨.٤	١.٤ - ١.١
	٢٣.٨ - ١٣.٣	٣٠	١٨.٩	٢ - ١.٥
	٣٤.٩ - ٢٧.٠	١٣	٨.٢	٢.٩ - ٢.٢
الرياض	٤١.٧ - ٣٦.٨	٧	٤.٤	٣.٩ - ٣.٢
	٦٣.٠ - ٤٢.٦	٩	٥.٧	٩.٧ - ٤.٠
	١٠٧.٧ - ٦٥.٣	٧	٤.٤	٧٨.٩ - ١٠.٨
	المجموع	١٥٩	١٠٠	---
	١٩.٠ - ٢.٠	٨٣	٦٤.٣	١.٥ - ١.١
	٢٧.٦ - ١٩.١	١٥	١١.٦	٢.٠ - ١.٦
الخرج	٣٩.٧ - ٢٩.٣	١٣	١٠.١	٣.٠ - ٢.١
	٦٦.٩ - ٤٣.٧	١١	٨.٥	٨.٧ - ٣.٤
	٩٢.٥ - ٧١.٠	٧	٥.٤	٢٦.٢ - ١٠.٣
	المجموع	٩٢١	١٠٠	---
	٢٩.٠ - ٠.١	٦٨	٨٠.٠	١.٨ - ١.٢
	٤٥.٠ - ٣٢.٠	٩	١٠.٦	٢.٧ - ٢.٠
حوطة بني تميم	٨٥.٥ - ٥٤.٠	٥	٥.٩	٨.٧ - ٣.٤
	٢١١.٠ - ٩٥.٠	٣	٣.٥	٢٣.٨+ - ١١.٨
	المجموع	٨٥	١٠٠	---
	١٨.٠ - ١.٠	٨١	٦٦.٩	١.٥ - ١.١
	٢٧.٠ - ١٨.٥	١٢	٩.٩	٢.٠ - ١.٦
الحريق	٤٤.٥ - ٣٠.٠	١٢	٩.٩	٤.٠ - ٢.٣
	٥٢.٠ - ٤٥.٠	٨	٦.٦	٥.٦ - ٤.١
	١١٥.٠ - ٥٤.٠	٨	٦.٦	١٠٠.٠+ - ٦.١
	المجموع	١٢١	١٠٠	---
	١٥.٨ - ٠.٢	٤٥	٦٦.١	١.٥ - ١.١
	٢٦.٠ - ١٧.٨	٧	١٠.٣	٢.٠ - ١.٦
سد وادي حنيفة	٣٧.٠ - ٣٠.٠	٧	١٠.٣	٢.٩ - ٢.٣
	٥٨.٤ - ٤٧.٢	٦	٨.٨	٦.٨ - ٤.٣
	١١٢.٠ - ٦٩.١	٣	٤.٤	٧٢.١ - ١٠.٨
	المجموع	٦٨	١٠٠	---

جدول ١٠ : الخصائص التضاريسية والشكلية لحوضي

الحوض المائي		المتغيرات المورفومترية
ماوان	العين	
٢٨٧.٣	٣٦٤.٩	المساحة (كم ^٢)
٨١.٥	٩٠.٣	المحيط (كم)
٧٢٠	٧٤٠	الارتفاع الأدنى (م)
١١٦٥	١١٤٩	الارتفاع الأقصى (م)
٩٤٢.٥	٩٤٤.٥	الارتفاع المتوسط (م)
٣٢	٣٨	طول الحوض (كم)
١٠	١٢	عرض الحوض (كم)
٤١	٥٣	طول المجرى الرئيس (كم)
١.٨٣	١.٢٤	متوسط انحدار الحوض (%)
١.٠٤	٠.٧٥	متوسط انحدار المجرى الرئيس (م/م)
١٣.٩	١٠.٨	نسبة التضرس (م/كم)
٥.٤٦	٤.٥٣	معامل التضاريس النسبية (م/كم)
٠.٢٨	٠.٢٥	معامل الشكل
١.٣٥	١.٣٢	معامل التماسك
٠.٥٤	٠.٥٦	معامل الاستدارة
٠.٦٠	٠.٥٧	معامل الاستطالة

حوض سد وادي العين:

وفقاً لطريقة سترايلر لحساب أعداد ورتب المجاري المائية التي يوضحها

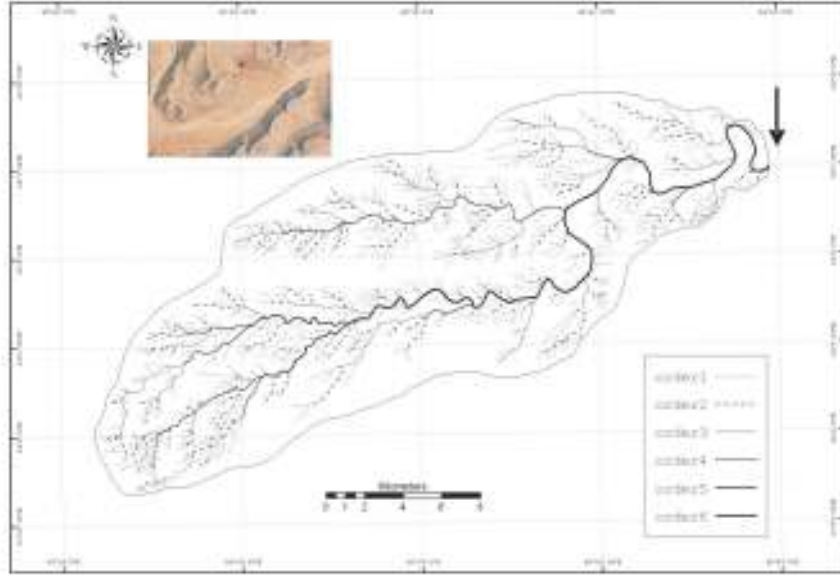
الشكل رقم (٤) فقد بلغت أعداد الرتب لحوض السد في أعلى وادي العين ست

رتب تحتوي الرتبة الأولى منها على ٨٢٢ مجرىً والثانية على ٢٢٥ مجرىً والثالثة على ٤٦ مجرىً والرابعة على ١٥ مجرىً والخامسة على مجريين والسادسة على مجرىً واحداً. وقد قسمت هذه المجاري وفقاً لتدرجها الهرمي داخل حوض السد حيث تحدد الرتبة الأولى على أساس أنها المجرى المائي الذي لا ينتهي إليه مجرىً مائياً آخر وعندما يلتقي مجريان من الرتبة الأولى يكونان مجرىً من الرتبة الثانية وإذا التقى مجريان من الرتبة الثانية يكونان مجرىً من الرتبة الثالثة وهكذا (جدول رقم ١١).

جدول ١١ : عدد وأطوال المجاري المائية حسب رتبها بحوض السد على اعلى وادي العين

الرتبة	عدد المجاري (مجرى)	نسبة التشعب	أطوال المجاري (كلم)	متوسط أطوال المجاري (كلم)	متوسط الطوال التجميعي (كلم)
١	٨٢٢	٣.٦	٤٠٣	٠.٥	٠.٥
٢	٢٢٥	٤.٨	١٦٠	٠.٧	١.٢
٣	٤٦	٣	٧٤	١.٦	٢.٨
٤	١٥	٧.٥	٤١	٢.٧	٥.٥
٥	٢	٢	١٢	٦	١١.٥
٦	١		٣٨	٣٨	٤٩.٥
المتوسط		٤.١٨			
المجموع	١١١١		٧٢٨		

شكل رقم ٤: قاعدة البيانات لشبكة المجاري (طريقة ستراليز) المغذية لحوض السد في أعلى وادي العين. وفي الإطار موقع السد كما يظهر على موقع (Googleearth)



أما بالنسبة لنسبة التشعب فقد بلغت هذه النسبة بين مجاري الرتبة الأولى والثانية ٣.٦ وبين مجاري الرتبة الثانية والثالثة ٤.٨ وبين مجاري الرتبة الثالثة والرابعة ٣ وبين مجاري الرتبة الرابعة والخامسة ٧.٥ وبين مجاري الرتبة الخامسة والسادسة ٢ بمتوسط نسبة تشعب ٤.١٨ فيما بين الست رتب لهذا الحوض. وتشير هذه النسب بين الرتب المختلفة إلى أن مجاري الرتبة الأولى تساوي ثلاثة أضعاف ونصف مجاري الرتبة الثانية وأن مجاري الرتبة الثانية تساوي تقريباً خمسة أضعاف مجاري الرتبة الثالثة وتساوي مجاري الرتبة الثالثة ثلاثة أضعاف الرتبة الرابعة وتساوي مجاري الرتبة الرابعة سبعة أضعاف ونصف الرتبة الخامسة وتساوي مجاري الرتبة الخامسة ضعفي مجاري الرتبة السادسة ويلاحظ هنا أن الرتب لا

تتابع في شكل متوالية هندسية وأن نسبة الزيادة بينها والتي تمثل نسبة التشعب غير ثابتة نتيجة لطبيعة العمل المركز للتعرية المائية النشطة كما يعزى ذلك أيضاً إلى أن هذا الحوض غير متجانس في تركيبه الصخري حيث تصرف أجزائه العليا صخور تكوين طويق وأجزائه القريبة من حوض السد تكوين الجبيلة. كما أن زيادة أعداد هذه المجاري في الرتب المختلفة تعمل على زيادة المساحة الحوضية وهذا ما يعرف بتكرارية المجاري المائية التي يعبر عنها من خلال ناتج قسمة إجمالي عدد المجاري المائية من الرتب المختلفة بالحوض على مساحة الحوض وقد بلغت ٣ مجرى/كم^٢ أي لكل كم^٢ ثلاث مجاري.

أما بالنسبة لأطوال المجاري في الحوض فيوضح الجدول أن متوسط طول المجاري المائية لكل رتبة والتي تحسب بقسمة مجموع أطوال الرتبة على عددها يزداد مع ارتفاع الرتبة بصفة عامة إذ بلغ هذا المتوسط في الرتبة الأولى التي تعتبر أقصر المجاري طولاً ٠.٥ كم وفي مجاري الرتبة الثانية ٠.٧ كم وفي مجاري الرتبة الثالثة ١.٦ كم وفي مجاري الرتبة الرابعة ٢.٧ كم وفي مجاري الرتبة الخامسة ٦ كم وفي مجاري الرتبة السادسة ٣٨ كم ويرجع ارتفاع متوسط الطول لمجرى الرتبة السادسة إلى أنها تضم مجرىً واحداً فقط بينما يرجع ازدياد متوسط أطوال المجاري مع ارتفاع الرتبة من الأولى إلى الخامسة إلى قلة عدد المجاري كلما ارتفعت الرتبة. كذلك يلاحظ أن الزيادة في متوسط أطوال المجاري بين الرتبة الأولى والرتبة الثانية والرتبة الثالثة قليل وذلك لجريان هذه المجاري في مناطق شديدة الانحدار وزيادة المجاري في كلا الرتبتين، بينما الزيادة كبيرة بين متوسط أطوال مجاري الرتبة الرابعة والرتبة الخامسة والرتبة السادسة وذلك لجريان هذه المجاري في مناطق أقل انحداراً.

أما الطول التجميعي لهذه الرتب والذي يحسب على النحو التالي :

متوسط طول الرتبة الأولى = أطوال مجاري الرتبة الأولى ÷ عددها

متوسط الطول التجميعي للرتبة الثانية = متوسط طول الرتبة الثانية + متوسط

طول الرتبة الأولى.

متوسط الطول التجميعي للرتبة الثالثة = متوسط طول الرتبة الثالثة + الطول

التجميعي للرتبة الثانية.

وينطبق ذلك على بقية الرتب فقد بلغ متوسط الطول التجميعي للرتبة

الأولى ٠.٥ كم ومتوسط الطول التجميعي للرتبة الثانية ١.٢ كم ومتوسط الطول

التجميعي للرتبة الثالثة ٢.٨ كم ومتوسط الطول التجميعي للرتبة الرابعة ٥.٥ كم

ومتوسط الطول التجميعي للرتبة الخامسة ١١.٥ كم ومتوسط الطول التجميعي

للرتبة السادسة ٤٩.٥ كم. ويتضح من المتوسط للطول التجميعي لمجاري الرتب

المختلفة عدم تحقيق المتوالية الهندسية، وذلك يعود إلى قصر طول كل من الرتبتين

الأولى والثانية لوقوعهما في مناطق شديدة الانحدار. أما مجموع أطوال المجاري

المائية في حوض التصريف والذي يمثل طول المجرى المائي للحوض فقد بلغ طوله

٧٢٨ كم، وحيث أن هذه الأطوال تتأثر بها كثافة التصريف التي يعبر عنها وفقاً

لطريقة هورتون بأنها خارج قسمة الطول الإجمالي للرتب بالكم على المساحة

الكلية للحوض بالكم^٢ فتتخفف في هذا الحوض حيث بلغت (٢ كم/كم^٢) أي

أن كل كيلومتر مربع واحد يحتوي على مجاري مائية يبلغ مجموع طولها ٢ كم.

حوض سد وادي ماوان:

يوضح الجدول رقم (١٢) أعداد الرتب لحوض السد في وادي ماوان التي بلغت ست رتب تحتوي الرتبة الأولى منها على ١٧٢٥ مجرىً والثانية على ٣٧١ مجرىً والثالثة على ٩٣ مجرىً والرابعة على ١٥ مجرىً والخامسة على مجريين والسادسة على مجرىً واحداً (شكل رقم ٥). أما بالنسبة لنسبة التشعب فقد بلغت هذه النسبة بين مجاري الرتبة الأولى والثانية ٤.٦ وبين مجاري الرتبة الثانية والثالثة ٣.٩ وبين مجاري الرتبة الثالثة والرابعة ٦.٢ وبين مجاري الرتبة الرابعة والخامسة ٧.٥ وبين مجاري الرتبة الخامسة والسادسة ٢ بمتوسط نسبة تشعب ٤.٨٤ فيما بين الست رتب لهذا الحوض وتشير هذه النسب بين الرتب المختلفة إلى أن مجاري الرتبة الأولى تساوي أكثر من أربعة أضعاف ونصف مجاري الرتبة الثانية وأن مجاري الرتبة الثانية تساوي تقريباً أربعة أضعاف مجاري الرتبة الثالثة وتساوي مجاري الرتبة الثالثة ستة أضعاف الرتبة الرابعة وتساوي مجاري الرتبة الرابعة سبعة أضعاف ونصف الرتبة الخامسة وتساوي مجاري الرتبة الخامسة ضعفي مجاري الرتبة السادسة، ويلاحظ هنا أن هناك تشابه فيما بين الرتب في كل من حوض سد ماوان والعين وذلك بأن الرتب لا تتابع في شكل متوالية هندسية وأن نسبة الزيادة بينها في نسبة التشعب غير ثابتة نتيجة لطبيعة العمل المركز للتعرية المائية النشطة، كما يعزى ذلك أيضاً إلى أن هذا الحوض غير متجانس في تركيبه الصخري، حيث تصرف أجزائه العليا صخور تكوين طويق وأجزائه القريبة من حوض السد تصرف تكوين الجبيلة. غير أن هناك تفاوت في تكرارية المجاري بين حوضي السدود في ماوان والعين، ففي حين بلغت تكرارية المجاري المائية في

حوض سد العين ٣ مجرى/كم^٢ أي لكل كم^٢ ثلاثة مجاري، بلغت في ماوان ٧.٦ مجرى/كم^٢ أي لكل كم^٢ أكثر من سبعة مجاري نتيجة لزيادة أعداد هذه المجاري في الرتب المختلفة.

أما بالنسبة لأطوال المجاري في الحوض فيوضح الجدول أن متوسط طول المجاري المائة لكل رتبة كالتالي الرتبة الأولى ٠.٢ كم وفي مجاري الرتبة الثانية ٠.٤ كم وفي مجاري الرتبة الثالثة ١ كم وفي مجاري الرتبة الرابعة ٣.٥ كم وفي مجاري الرتبة الخامسة ١٦.٥ كم وفي مجاري الرتبة السادسة ١١ كم، وبمقارنة ذلك مع متوسط الأطوال في حوض السد في وادي العين نجد أن هناك زيادة في متوسط الأطوال في الرتب الثلاث الدنيا في حوض السد في العين بسبب جريان هذه المجاري في مناطق شديدة الانحدار مقارنة بمثلتها في حوض سد ماوان، كما أن هناك سبب آخر قد يعزى إلى زيادة المجاري في الرتب الدنيا حوض سد ماوان.

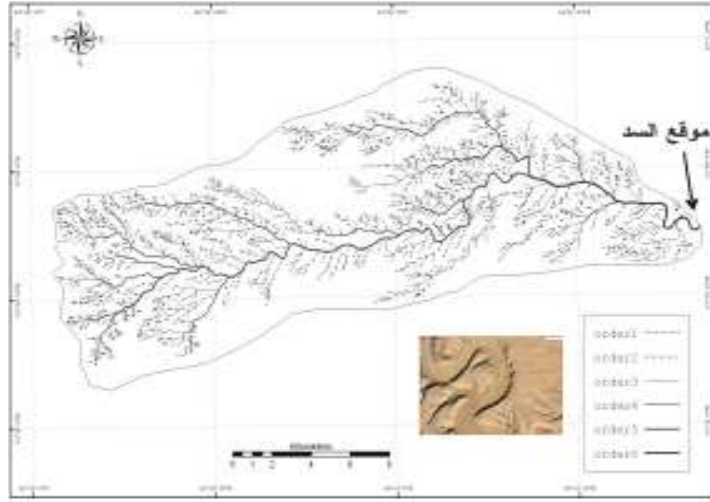
أما الطول التجميعي للرتب في حوض السد في أعلى وادي ماوان فقد بلغ متوسط الطول التجميعي للرتبة الأولى ٠.٢ كم ومتوسط الطول التجميعي للرتبة الثانية ٠.٦ كم ومتوسط الطول التجميعي للرتبة الثالثة ١.٦ كم ومتوسط الطول التجميعي للرتبة الرابعة ٥.١ كم ومتوسط الطول التجميعي للرتبة الخامسة ٢١.٦ كم ومتوسط الطول التجميعي للرتبة السادسة ٣٢.٦ كم، ويتضح من المتوسط للطول التجميعي لمجاري الرتب المختلفة عدم تحقيق المتواليات الهندسية وذلك يعود إلى قصر طول كل من الرتبين الأولى والثانية لوقوعهما في مناطق أشد انحداراً من مثيلاتها في حوض السد في وادي العين، ولأن النمط الريشي الذي تفرضه الصخور الرسوبية الجيرية الكارستية تجعل من مجاريه ذات الرتبة

جدول ١٢ : عدد وأطوال المجاري المائية حسب رتبها بحوض السد على أعلى وادي ماوان

الرتبة	عدد المجاري (مجري)	نسبة الشعب	اطوال المجاري (كلم)	متوسط أطوال (كلم) المجاري	متوسط الطوال التجميعي (كلم)
١	١٧٢٥	٤.٦	٤١٨	٠.٢	٠.٢
٢	٣٧١	٣.٩	١٧٣	٠.٤	٠.٦
٣	٩٣	٦.٢	٩٧	١	١.٦
٤	١٥	٧.٥	٥٣	٣.٥	٥.١
٥	٢	٢	٣٣	١٦.٥	٢١.٦
٦	١		١١	١١	٣٢.٦
المتوسط		٤.١٤			
المجموع	٢٢٠٧		٧١٥		

الثالثة والرابعة أطول من المراتب الأقل. أما مجموع أطوال المجاري المائية في حوض التصريف والذي يمثل طول المجري المائي للحوض فقد بلغ طوله ٧٨٥ كم، وحيث أن هذه الأطوال تتأثر بها كثافة التصريف فقد كانت الكثافة في هذا الحوض حوالي (٢.٧ كم/كم^٢) أي أن كل كيلومتر مربع واحد يحتوي على مجاري مائية يبلغ مجموع طولها ٢.٧ كم وهي بذلك ترتبط بصورة مباشرة بارتفاع عدد المجاري الذي يصل إلى ٢٢٠٧ مجري.

شكل رقم ٥: قاعدة البيانات لشبكة المجاري المائية المغذية لحوض السد في أعلى وادي ماوان. وهي الإطار موقع السد كما يظهر على موقع (Googleearth)



خصائص السيول في أحواض السدود:

يوضح الجدول رقم (١٣) خصائص السيول للأودية المغذية لأحواض السدود على أودية ماوان والعين. وتتلخص أهم هذه الخصائص فيما يلي:

يصل تدفق الذروة لسيول حوض السد على أعلى وادي العين أقصاه بما يعادل $1310.4 \text{ م}^3/\text{ثانية}$ بتدفق نوعي قدره $3.09 \text{ م}^3/\text{ثانية/كلم}^2$ ، وبمجم جريان سطحي قدره 120.8 م^3 ، وبعمق جريان سطحي يصل أقصاه بمقدار 333.4 ملم ويصل أدناه بما يعادل $36.7 \text{ م}^3/\text{ثانية}$ بتدفق نوعي قدره $0.11 \text{ م}^3/\text{ثانية/كم}^2$ وبمجم جريان سطحي قدره 5.80 م^3 وبعمق جريان سطحي قدره 17.4 ملم . بينما في حوض السد في أعلى وادي ماوان يصل تدفق الذروة للسيول أقصاه بما يعادل $1279.1 \text{ م}^3/\text{ثانية}$ بتدفق نوعي قدره $4.45 \text{ م}^3/\text{ثانية/كم}^2$ وبمجم جريان سطحي قدره 116.9 م^3 وبعمق جريان

سطحي يصل أقصاه بمقدار ٤٠٧.١ ملم ويصل تدفق الذروة أدناه بما يعادل ٣٥.٩ م^٣/ ثانية بتدفق نوعي قدره ٠.١٢٥ م^٣/ثانية/كم^٢ وبحجم جريان سطحي قدره ١٧.٥.١٠ م^٣ وبعمق جريان سطحي قدره ١٨ ملم. وعليه يتساوى الحوضان في الفارق بين القيم الدنيا والقيم القصوى لتدفق الذروة للسيول والتي تتراوح بين ١ و ٣٦ مرة.

جدول ١٣ : قيم التدفق الأقصى للسيول المحسوبة بنموذج سنايدر على مستوى

أحواض السدود لوادي العين ووادي ماوان

حوض وادي ماوان			حوض وادي العين			المتغير
Qp min.	Qp mean	Qp max.	Qp min.	Qp mean	Qp max.	
١٨.٢	١٨.٢	١٨.٢	٢٩.٠	٢٩.٠	٢٩.٠	Lca (km)
٤١.٠	٤١.٠	٤١.٠	٥٣.٠	٥٣.٠	٥٣.٠	Lb (km)
٢.٢	١.٢	٠.٢	٢.٢	١.٢	٠.٢	Ct
٢.٠	٤.٢٥	٦.٥	٢.٠	٤.٢٥	٦.٥	Cp
١٦.٠١	٨.٤٤	١.٢٨	١٩.٥٣	١٠.٥٠	١.٤٩	tp (hr)
٢.٥٥	١.٣٥	٠.١٦	٣.٣٧	١.٥٨	٠.٢٠	tr (hr)
٣٥.٩	١٣٩.٩	١٢٧٩.١	٣٦.٧	١٤٣.١	١٣١٠.٤	Qp (m ^٣ /s)
١٢٠	٩٨.٢	٧٦.٣	١٣١.٦	١٠٤.٥	٧٧.٤	Tb (hr)
٤٠	٣٢.٧	٢٥.٤	٤٣.٩	٣٤.٨	٢٥.٨	Tm (hr)
٨٠	٦٥.٥	٥٠.٩	٨٧.٧	٦٩.٧	٥١.٦	Td (hr)
٠.١٢٥	٠.٤٨٦	٤.٤٥٢	٠.١١	٠.٣٩	٣.٥٩	q _p (m ^٣ /s/km ^٢)
٥٢.٩	١٢.٢	١.١	٣٤.٨	٨.٩	٠.٨	W _٥ (hr)
٣٠.٣	٧.٠	٠.٦٤	٦٠.٧	١٥.٥	١.٤	W _{١٠} (hr)
٠.٣٤	٠.٦٣	٣.٧٠	٠.٣	٠.٥١	٣.٠٣	i (cm/hr)
٥.١٧	١٦.٤٧	١١٦.٩٦	٥.٨٠	١٧.٩	١٢٠.٨	AL (١٠ ^{-٣} m ^٣)
١٨.٠	٥٧.٣	٤٠٧.١	١٧.٤	٤٨.٩	٣٣٣.٤	E (mm)
٢.١	٨.٣	٧٥.٥	١.٩	٧.٥	٦٨.٦	"A"

ويتميز سيل تدفق الذروة الأقصى في أحواض السدود المدروسة بسرعة كبيرة كما تدل عليه قيم كل من :

أ- فترة استجابة حوض السد لأعلى وادي العين t_p (hr) التي لا تتعدى ساعة وتسع وأربعون دقيقة في حين تصل هذه الفترة إلى ١٠,٥٠ ساعات و ١٩,٥٥ ساعة على التوالي بالنسبة لسيل متوسط تدفق الذروة وسيل التدفق الأدنى أي بفارق زمني يعادل ٩,٠٣ ساعات بين سيل متوسط تدفق الذروة وسيل تدفق الذروة الأقصى و ١٨,٠٤ ساعة بين هذا الأخير وسيل تدفق الذروة الأدنى. أما في حوض السد بوادي ماوان فإن فترة استجابة الحوض t_p (hr) لا تتعدى ساعة وثمان وعشرون دقيقة في حين تصل هذه الفترة إلى ٨,٤٤ ساعات و ١٦,٠١ ساعة على التوالي بالنسبة لسيل متوسط تدفق الذروة وسيل التدفق الأدنى أي بفارق زمني يعادل ٧,٥٧ ساعات بين سيل متوسط تدفق الذروة وسيل تدفق الذروة الأقصى و ١٤,٧٣ ساعة بين هذا الأخير وسيل تدفق الذروة الأدنى. وبالمقارنة بين الحوضين يلاحظ أن استجابة الحوض في سد وادي ماوان أسرع من حوض السد في وادي العين.

ب- فترة امتداد السيول بأحواض السدود وهي زمن الأساس T_b (hr) فتتراوح في حوض السد في وادي العين بين ٧٧,٤ ساعة بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأقصى و ١٠٤,٥ ساعة بالنسبة لسيل متوسط تدفق الذروة و ١٣١,٦ ساعة بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأدنى أي ما يعادل فارقاً زمنياً قدره ٢٧,١ ساعة بين سيل متوسط تدفق الذروة وسيل تدفق الذروة الأقصى و ٥٤,٢ ساعة

بين هذا الأخير وسيل تدفق الذروة الأدنى. أما في حوض سد ماوان فتتراوح بين ٧٦.٣ ساعة بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأقصى و ٩٨.٢ ساعة بالنسبة لسيل متوسط تدفق الذروة و ١٢٠ ساعة بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأدنى أي ما يعادل فارقاً زمنياً قدره ٢٧.١ ساعة بين سيل متوسط تدفق الذروة وسيل تدفق الذروة الأقصى و ٥٤.٢ ساعة بين هذا الأخير وسيل تدفق الذروة الأدنى.

ج- زمن ارتفاع السيل T_m (hr) وهي الفترة الزمنية الممتدة بين بداية جريان السيل وذروة تدفقه والتي تبلغ في وادي العين ٢٥.٨ ساعة بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأقصى و ٣٤.٨ ساعة بالنسبة لسيل متوسط تدفق الذروة و ٤٣.٩ ساعة بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأدنى أي ما يعادل فارقاً زمنياً قدره ٩.١ ساعات بين سيل متوسط تدفق الذروة وسيل تدفق الذروة الأقصى و ١٨.١ ساعة بين هذا الأخير وسيل تدفق الذروة الأدنى. أما بالنسبة لوادي ماوان فيبلغ زمن ارتفاع السيل ٢٥.٤ ساعة بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأقصى و ٣٢.٧ ساعة بالنسبة لسيل متوسط تدفق الذروة و ٤٠ ساعة بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأدنى أي ما يعادل فارقاً زمنياً قدره ٧.٣ ساعات بين سيل متوسط تدفق الذروة وسيل تدفق الذروة الأقصى و ١٤.٦ ساعة بين هذا الأخير وسيل تدفق الذروة الأدنى.

د- تتناسب فترة استجابة الحوض المائي لأعلى وادي العين t_p (hr) مع فترة هطول الأمطار المثالية t_r (hr) بحيث تبلغ هذه الأخيرة ٠.٢ ساعة (١٢ دقيقة) بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأقصى و ١.٥٨ ساعة بالنسبة لسيل متوسط تدفق الذروة و ٣.٣٧ ساعات بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأدنى أي ما يعادل فارقاً زمنياً قدره ٧ مرات بين فترة هطول الأمطار لسيل متوسط تدفق الذروة وسيل

تدفق الذروة الأقصى و حوالي مرتين بين فترة هطول الأمطار لسيل متوسط تدفق الذروة وسيل تدفق الذروة الأدنى. أما فترة استجابة الحوض المائي لأعلى وادي ماوان فتبلغ ٠.١٦ ساعة (٩.٦ دقيقة)، بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأقصى و ١.٣٥ ساعة بالنسبة لسيل متوسط تدفق الذروة و ٢.٥٥ ساعات بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأدنى أي ما يعادل فارقاً زمنياً قدره ٨ مرات بين فترة هطول الأمطار لسيل متوسط تدفق الذروة وسيل تدفق الذروة الأقصى (تقريباً) ١.٨ بين فترة هطول الأمطار لسيل متوسط تدفق الذروة وسيل تدفق الذروة الأدنى.

هـ- معامل قوة السيول "A" الذي يبلغ ٦٨.٦ بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأقصى و ٧.٥ بالنسبة لسيل متوسط تدفق الذروة و ١.٩ بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأدنى أي ما يعادل فارقاً زمنياً قدره ٩ مرات بين سيل متوسط تدفق الذروة وسيل تدفق الذروة الأقصى و ٣٦ مرة بين هذا الأخير وسيل تدفق الذروة الأدنى. أما بالنسبة لوادي ماوان فقد بلغ معامل قوة السيل ٧٥.٥ بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأقصى و ٨.٣ بالنسبة لسيل متوسط تدفق الذروة و ٢.١ بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأدنى أي ما يعادل فارقاً زمنياً قدره ٩ مرات بين سيل متوسط تدفق الذروة وسيل تدفق الذروة الأقصى و حوالي ٣٦ مرة بين هذا الأخير وسيل تدفق الذروة الأدنى.

وتتميز سيول حوض السد على أعلى وادي العين عند مستوى ٥٠ ٪ من

تدفق الذروة بما يلي :

أ- تدفق ذروة يصل إلى ٦٥٥.٢ م^٣/ثانية بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأقصى وإلى ٧١.٥٥ م^٣/ثانية بالنسبة لسيل متوسط تدفق الذروة وإلى ١٨.٣٥ م^٣/ثانية

بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأدنى أي ما يعادل فارقاً زمنياً قدره ٩.٢ مرات بين سيل متوسط تدفق الذروة وسيل تدفق الذروة الأقصى و ٣٦ مرة بين هذا الأخير وسيل تدفق الذروة الأدنى.

ب- تدفق نوعي يصل إلى ١,٧٩٥ م^٣/ثانية/كلم^٢ بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأقصى وإلى ٠,١٩٥ م^٣/ثانية/كلم^٢ بالنسبة لسيل متوسط تدفق الذروة وإلى ٠,٠٥٥ م^٣/ثانية/كلم^٢ بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأدنى أي ما يعادل فارقاً زمنياً قدره ٩.٢ مرات بين سيل متوسط تدفق الذروة وسيل تدفق الذروة الأقصى و ٣٣ مرة بين هذا الأخير وسيل تدفق الذروة الأدنى.

ج- حجم جريان سطحي يصل إلى ٦٠.٤ . ٦١٠ م^٣ بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأقصى وإلى ٨,٩٥ . ٦١٠ م^٣ بالنسبة لسيل متوسط تدفق الذروة وإلى ٢,٩ . ٦١٠ م^٣ بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأدنى أي ما يعادل فارقاً زمنياً قدره ٦,٧ مرات بين سيل متوسط تدفق الذروة وسيل تدفق الذروة الأقصى و ٢١ مرة بين هذا الأخير وسيل تدفق الذروة الأدنى.

د- عمق (سمك) جريان سطحي يصل إلى ١٦٦,٧ ملم بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأقصى وإلى ٢٤,٥ ملم بالنسبة لسيل متوسط تدفق الذروة وإلى ٨,٧ ملم بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأدنى أي ما يعادل فارقاً زمنياً قدره ٦,٨ مرات بين سيل متوسط تدفق الذروة وسيل تدفق الذروة الأقصى و ١٩,١ مرة بين هذا الأخير وسيل تدفق الذروة الأدنى.

في حين تتميز سيول حوض السد على أعلى وادي العين عند مستوى ٧٥ ٪ من تدفق الذروة بما يلي :

أ- تدفق ذروة يصل إلى $982.8 \text{ م}^3/\text{ثانية}$ بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأقصى وإلى $107.325 \text{ م}^3/\text{ثانية}$ بالنسبة لسيل متوسط تدفق الذروة وإلى $27.525 \text{ م}^3/\text{ثانية}$ بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأدنى أي ما يعادل فارقاً زمنياً قدره 9.2 مرات بين سيل متوسط تدفق الذروة وسيل تدفق الذروة الأقصى و 36 مرة بين هذا الأخير وسيل تدفق الذروة الأدنى.

ب- تدفق نوعي يصل إلى $2.693 \text{ م}^3/\text{ثانية/كلم}^2$ بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأقصى وإلى $0.293 \text{ م}^3/\text{ثانية/كلم}^2$ بالنسبة لسيل متوسط تدفق الذروة وإلى $0.083 \text{ م}^3/\text{ثانية/كلم}^2$ بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأدنى أي ما يعادل فارقاً زمنياً قدره 9.2 مرات بين سيل متوسط تدفق الذروة وسيل تدفق الذروة الأقصى و 32.5 مرة بين هذا الأخير وسيل تدفق الذروة الأدنى.

ج- حجم جريان سطحي يصل إلى $10.90.6 \text{ م}^3$ بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأقصى وإلى $10.13.425 \text{ م}^3$ بالنسبة لسيل متوسط تدفق الذروة وإلى 4.35 م^3 بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأدنى أي ما يعادل فارقاً زمنياً قدره 6.7 مرات بين سيل متوسط تدفق الذروة وسيل تدفق الذروة الأقصى و 20.8 مرة بين هذا الأخير وسيل تدفق الذروة الأدنى.

د- عمق (سمك) جريان سطحي يصل إلى 250.1 ملم بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأقصى وإلى 36.7 ملم بالنسبة لسيل متوسط تدفق الذروة وإلى 13.1 ملم بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأدنى أي ما يعادل فارقاً زمنياً قدره 6.8 مرات بين سيل متوسط تدفق الذروة وسيل تدفق الذروة الأقصى و 19.1 مرة بين هذا الأخير وسيل تدفق الذروة الأدنى.

كما وتتميز سيول حوض السد على أعلى وادي ماوان عند مستوى ٥٠٪ من تدفق الذروة بما يلي :

أ- تدفق ذروة يصل إلى ٦٣٩.٥٥ م^٣/ثانية بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأقصى وإلى ٦٩.٩٥ م^٣/ثانية بالنسبة لسيل متوسط تدفق الذروة وإلى ١٧.٩٥ م^٣/ثانية بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأدنى أي ما يعادل فارقاً زمنياً قدره ٩.١ مرات بين سيل متوسط تدفق الذروة وسيل تدفق الذروة الأقصى و ٣٦ مرة بين هذا الأخير وسيل تدفق الذروة الأدنى.

ب- تدفق نوعي يصل إلى ٢.٢٢٦ م^٣/ثانية/كلم^٢ بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأقصى وإلى ٠.٢٤٣ م^٣/ثانية/كلم^٢ بالنسبة لسيل متوسط تدفق الذروة وإلى ٠.٠٦٣ م^٣/ثانية/كلم^٢ بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأدنى أي ما يعادل فارقاً زمنياً قدره ٩.٢ مرات بين سيل متوسط تدفق الذروة وسيل تدفق الذروة الأقصى و ٣٥ مرة بين هذا الأخير وسيل تدفق الذروة الأدنى.

ج- حجم جريان سطحي يصل إلى ١٠.٥٨.٤٨ م^٣ بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأقصى وإلى ١٠.٨.٢٣٥ م^٣ بالنسبة لسيل متوسط تدفق الذروة وإلى ٢.٥٨٥ م^٣ بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأدنى أي ما يعادل فارقاً زمنياً قدره ٧.١ مرات بين سيل متوسط تدفق الذروة وسيل تدفق الذروة الأقصى و ٢٢.٦ مرة بين هذا الأخير وسيل تدفق الذروة الأدنى.

د- عمق (سمك) جريان سطحي يصل إلى ٢٠٣.٦ ملم بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأقصى وإلى ٢٨.٧ ملم بالنسبة لسيل متوسط تدفق الذروة وإلى ٩.٠ ملم بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأدنى أي ما يعادل فارقاً زمنياً قدره ٧.١ مرات بين

سيل متوسط تدفق الذروة وسيل تدفق الذروة الأقصى و ٢٢,٦ مرة بين هذا الأخير وسيل تدفق الذروة الأدنى.

في حين تتميز سيول حوض السد على أعلى وادي ماوان عند مستوى ٧٥ ٪ من تدفق الذروة بما يلي :

أ- تدفق ذروة يصل إلى ٩٥٩,٣٢٥ م^٣/ثانية بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأقصى وإلى ١٠٤,٩٢٥ م^٣/ثانية بالنسبة لسيل متوسط تدفق الذروة وإلى ٢٦,٩٢٥ م^٣/ثانية بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأدنى أي ما يعادل فارقاً زمنياً قدره ٩,١ مرات بين سيل متوسط تدفق الذروة وسيل تدفق الذروة الأقصى و ٣٦ مرة بين هذا الأخير وسيل تدفق الذروة الأدنى.

ب- تدفق نوعي يصل إلى ٣,٣٣٩ م^٣/ثانية/كلم^٢ بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأقصى وإلى ٠,٣٦٥ م^٣/ثانية/كلم^٢ بالنسبة لسيل متوسط تدفق الذروة وإلى ٠,٠٩٤ م^٣/ثانية/كلم^٢ بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأدنى أي ما يعادل فارقاً زمنياً قدره ٩,١ مرات بين سيل متوسط تدفق الذروة وسيل تدفق الذروة الأقصى و ٣٥,٥ مرة بين هذا الأخير وسيل تدفق الذروة الأدنى.

ج- حجم جريان سطحي يصل إلى ٨٧,٧٢ . ١٠ م^٣ بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأقصى وإلى ١٢,٣٥٣ . ١٠ م^٣ بالنسبة لسيل متوسط تدفق الذروة وإلى ٣,٨٧٨ . ١٠ م^٣ بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأدنى أي ما يعادل فارقاً زمنياً قدره ٧,١ مرات بين سيل متوسط تدفق الذروة وسيل تدفق الذروة الأقصى و ٢٢,٦ مرة بين هذا الأخير وسيل تدفق الذروة الأدنى.

د- عمق (سمك) جريان سطحي يصل إلى ٣٠٥,٣ ملم بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأقصى وإلى ٤٣,٠ ملم بالنسبة لسيل متوسط تدفق الذروة وإلى ١٣,٥ ملم بالنسبة لسيل تدفق الذروة الأدنى أي ما يعادل فارقاً زمنياً قدره ٧,١ مرات بين سيل متوسط تدفق الذروة وسيل تدفق الذروة الأقصى و ٢٢,٦ مرة بين هذا الأخير وسيل تدفق الذروة الأدنى.

الخاتمة:

تتأثر الخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف المغذية للسدود المقترحة على أعلى وادي العين وأعلى وادي ماوان بالتباينات المكانية والزمانية للأمطار من جهة والطبيعة الجيرية للتكوينات الصخرية من جهة أخرى. فالتحليل التكراري للأمطار المنطقة المحيطة بهذه الأحواض يوضح أن كميات الأمطار السنوية المناسبة لفترات الرجوع الممتدة بين سنتين و ١٠٠ سنة على التوالي تتراوح بين ١٠٠,٦ ملم و ٢٤٤ ملم بمحطة الرياض: وبين ٩٨,١ ملم و ٢٤٦,٦ ملم/سنة في محطة الخرج: وبين ٥٧,٤ ملم/سنة و ٢٠٨,٤ ملم/سنة في محطة حوطة بني تميم: وبين ٧٢,٣ ملم/سنة و ١٧٨,٦ ملم/سنة في محطة الحريق: وأخيراً بين ٧٤,٩ ملم/سنة و ٢٥٤ ملم/سنة في محطة سد وادي حنيقة.

ويوضح التحليل المورفومتري أن مساحة حوض التصريف للسد في أعلى وادي العين تتجاوز مساحة الحوض المقترح لسد أعلى وادي ماوان بأكثر من ٧٧ كم^٢. ويصل أعداد المجاري في حوض السد على وادي العين ما يقارب ١١١١ مجرى بأطوال تتجاوز ٧٢٨ كم وبمتوسط نسبة تشعب تصل إلى ٤,١٨ وكثافة

تصريف تصل إلى ٢ كم^٢/كم^٢. بينما يصل أعداد المجاري في حوض السد على وادي ماوان ٢٢٠٧ مجرى بأطوال تتجاوز ٧٨٥ كم وبمتوسط نسبة تشعب تصل إلى ٤.٨٤ وكثافة تصريف تصل إلى ٢.٧ كم^٢/كم^٢.

أما فيما يتعلق بخصائص السيول فيصل تدفق الذروة لسيول حوض السد على أعلى وادي العين أقصاه بما يعادل ١٣١٠.٤ م^٣/ثانية بتدفق نوعي قدره ٣.٥٩ م^٣/ثانية/كلم^٢ وبحجم جريان سطحي قدره ١٢٠.٨ م^٣ وبعمق جريان سطحي يصل أقصاه بمقدار ٣٣٣.٤ ملم. في حين يصل تدفق الذروة للسيول أقصاه بما يعادل ١٢٧٩.١ م^٣/ثانية بتدفق نوعي قدره ٤.٤٥ م^٣/ثانية/كلم^٢ وبحجم جريان سطحي قدره ١١٦.٩ م^٣ وبعمق جريان سطحي يصل أقصاه بمقدار ٤٠٧.١ ملم في حوض السد في أعلى وادي ماوان. وتتخلص أهم التباينات للسيول بين الحوضين المدروسين فيما يلي:

- ١- إن هناك تقارباً من حيث سرعة التدفق الأقصى للسيول بين الحوضين حيث لا يتعدى الفرق ٣١.٣ م^٣/ثانية أي ما يعادل ٢.٤٪.
- ٢- إن لحوض ماوان قدرة أكبر على تحويل مياه الأمطار إلى أمطار جريان سطحي كما يدل عليه التدفق النوعي الأقصى الذي يصل إلى ٤.٤٥٢ م^٣/ثانية/كلم^٢ في حين لا يتعدى في حوض وادي العين ٣.٥٩ م^٣/ثانية/كلم^٢ أي بفارق قدره ١٩.٤٪. ويرتبط هذا الفارق بمساحة التصريف التي تبلغ ٣٦٤.٩ كم^٢ بأعلى حوض وادي العين بينما لا تتعدى ٢٨٧.٣ كم^٢ بأعلى حوض وادي ماوان أي بفارق قدره ٢١.٣٪. وهذا يدعم الرأي القائل بأن العلاقة بين زيادة مساحة الحوض ومعدل انحدارها

دائماً ما تكون عكسية فكلما زادت المساحة يقل الانحدار وبالتالي يضعف الجريان. وعليه يبدو أنه على الرغم من صغر مساحة التصريف لحوض وادي ماوان إلا أن لديه قدرة كبيرة على توفير موارد مائية هامة من الجريان السطحي للسيول مماثلة لتلك التي يوفرها حوض وادي العين الأكبر مساحةً وخلال فترات زمنية متماثلة بالنسبة لاستجابة الحوض $tp(hr)$ ولتساقط الأمطار $tr(hr)$.

التوصيات:

- تعتمد ملاءمة موقع ما للسدود على قدرته على التوافق مع الظروف الاقتصادية والاجتماعية والبيئية وغيرها. وتستعرض النقاط التالية وضع السدود المقترحة على كل من وادي ماوان ووادي العين في ظل هذه الظروف:
- ١- إن هذه السدود تقام على مناطق ترسيب ذات طاقة تخزينية ضعيفة بسبب قلة سماكة الرواسب الفيضية وضعف خصائصها الهيدروليكية. ويستدل على ذلك من خلال تكون المياه السطحية (الغيل) بسرعة بعد توالي هطول الأمطار. كذلك ومن خلال الاطلاع على حيثيات دراسات المشروع يتضح عدم وجود ما يشير إلى العمر الزمني للسد من خلال معرفة كميات الرواسب التي تجلبها السيول سواء أكانت دراسات جيومورفولوجية أو هيدرولوجية، فالكميات الكبيرة من الرواسب تؤدي إلى تخفيض القدرة الاستيعابية للخزن وبالتالي الوصول إلى مستوي خزن محدود وغير مفيد.
 - ٢- من خلال دراسة الخرائط الجيولوجية والزيارات الحقلية للمواقع وجد أن هذه السدود تقام على تكوينات صخور جيرية تتضمن طيات وصدوع

وفوالق غير صالحة لإقامة السدود وذلك لما ينتج عنها من مخاطر كونها تسمح للمياه بالتسرب من تحت السد فتؤثر على استقراره من خلال عمليات التجوية والتعرية التي تعمل على توسيع تلك الممرات المائية الصغيرة وتقليل صلابتها صخورها وتحملها بمرور الزمن ومن ثم زيادة كميات المياه المتسربة والتي ينشط عملها وربما تتسبب في انهيار للسدود المقترحة.

٣- تبلغ طاقة التخزين للسدود المقترحة على وادي العين ١.٧٨٢ مليون م^٣ (مليون وسبعمائة واثان وثمانون متر مكعب) وعلى وادي ماوان ١.٣٠٢ مليون م^٣ (مليون وثلاثمائة واثان متر مكعب). وهذا يعني أن سد وادي العين على سبيل المثال سيستوعب الجريان تقريباً في مدة أقصاها ساعتان بافتراض هطول أمطار بمقدار ٤٥ ملم (وهذا الوضع مشابه الى حد ما للعاصفة المطرية التي أحدثت فيضانات السيول عام ٢٠٠٣م والتي قد يطلق عليها (٥٠ yrs flood) وبالتالي ستقل كمية المياه المنحدرة باتجاه المزارع الواقعة في سهل الخرج. إذاً في حال انخفضت شدة العاصفة المطرية وأصبحت أقل مطراً مما كانت عليه في عام ٢٠٠٣م فإن كمية المياه قد لاتصل إلى مركز نعجان.

٤- تبعد المواقع المقترحة على كل من وادي ماوان ووادي العين بما لا يقل عن ٤٠ كم من سهل الخرج الأمر الذي سوف يؤدي إلى منع وصول الكميات المائية المطلوبة لتغذية الآبار في السهل خاصة إذا أدركنا أن جزءاً كبيراً من المياه المستخدمة في الشرب تحتزنها رواسب سهل الخرج التي تتجاوز

سماكتها ٧٠م. بالإضافة إلى ذلك سوف يؤدي انقطاع المياه لفترات طويلة إلى حرمان عدد من المزارع من مياه السيول التي تعتبر من أهم مصادر التغذية للتكوينات الجوفية التي يغذيها تدفق المياه في المجاري الطبيعية والتي تمثل أفضل الطرق للتغذية. إذاً للسدود تأثيراتها السلبية على الأمن المائي الذي تسعى حكومتنا الرشيدة إلى تأمينه في ظل شح الأمطار وانقطاعها لفترات طويلة.

٥- سوف يؤدي حجز المياه في السدود لفترات طويلة إلى زيادة انتشارها على مساحة واسعة من الأرض المحيطة بالمجرى والتي تتباين في تركيبها المعدني وخاصة أن صخور السد صخور جيرية تحتوي على عناصر لها قابلية على الذوبان بالماء والتي بدورها تؤدي إلى زيادة نسبة الملوحة في المياه المخزونة في حوض السد. كما سوف يؤدي حجز المياه أيضاً إلى زيادة كمية التبخر بسبب ارتفاع معدل التبخر السنوي لمنطقة الخرج الذي يتجاوز ٢٦٢٩ ملم في السنة خاصة وأن المتوسط السنوي لمياه الأمطار يبلغ مليون متر مكعب لكل ١٠٠ كم^٢ من مساحة أحواض الأودية السفلى من جبال طويق. بالإضافة إلى ذلك فإن ما تشير إليه الدراسات الاستشارية المتعلقة بتقدير حجم المياه المتسربة إلى باطن الأرض جراء السيول والأمطار لا يمثل سوى ١٪ من كمية الأمطار الساقطة، ناهيك عن إن ترسيب كميات كبيرة من المواد الناعمة (الطمي والغرين) سوف تؤدي إلى تكوين طبقة قليلة النفاذية تحد من تسرب المياه إلى باطن الأرض وترفع من معدلات التبخر من بحيرة السد.

الحلول البديلة:

بما أن المنطقة الحضرية والريفية في سهل الخرج تحتاج إلى الاستفادة من مياه الأمطار فإن الحلول التي تتلائم مع طبيعتها وتلبي حاجة المزارعين وتمنع أو تقلل إلى حد ما من الضرر على المنطقة السكنية تتلخص فيما يلي:

- ١- تنظيم التدفق في أسفل الأودية المنحدرة باتجاه سهل الخرج وذلك بإقامة عدد متتابع من الحواجز (Regulators) على شكل متدرج والتي تعمل على الحد من سرعة تدفق المياه وبالتالي يقل معدل التدفق. كما ستعمل هذه الحواجز على حجز المياه بشكل مؤقت وقبل الوصول إلى منطقة المزارع المنتشرة عند مخارج الأودية (شكل رقم ٦).

شكل رقم ٦: صورة لأحد مشاريع الحد من تدفق المياه وتنظيمها في الأودية



- ٢- إقامة مناطق تجميع مياه (Ponds) بعد مخارج الأودية مباشرةً لتستقبل الفائض من المياه عن طاقة الوادي. كما يمكن أن تقام مناطق تجميع مياه أخرى مماثلة قبل المدن ويتم حقن المياه مباشرةً للخزانات الجوفية بإحدى الطرق المناسبة.
- ٣- أن تتبنى المحافظة تطبيق ما يسمى بإدارة السهول الفيضية Floodplains (management) المحاذية للمجري المائية الرئيسة في سهل الخرج وذلك لتلافي أخطار الفيضانات بمشاركة ممثلين عن الأجهزة الحكومية التي لها ارتباط مباشر بمشكلة السيول. وتنحصر مهمة هذه الإدارة بمايلي :
- ٣-١ تحديد مجاري الأودية في داخل سهل الخرج وتثبيت أبعادها.
- ٣-٢ تحديد حدود السهول الفيضية المحاذية لمجري الأودية وتوجيه البلديات إلى تنظيم استخدامات الأرض فيها.
- ٣-٣ مراقبة التعديلات على المجاري المائية وتحذير أصحاب الأملاك المحاذين للمجري بتطبيق القوانين المنظمة لمجري السيول.
- ٣-٤ العمل على توسيع قنوات المجاري المائية الحالية وعبارات تصريف السيول لاستيعاب كمية التدفق المتوقعة في أقصى عاصفة مطرية.
- ٣-٥ تنظيف مجاري الأودية وإزالة المخلفات التي تتسبب في إعاقة تدفق المياه وخاصة بالقرب من عبارات السيول.
- ٣-٦ الاهتمام بنظام الإنذار المبكر من خلال إقامة محطات دائمة لقياس التدفق ومراقبته في الأودية. حيث أصبح بالإمكان حالياً مراقبة الفيضان آلياً من خلال المعلومات التي ترسلها محطات الإنذار إلى وحدات الرصد عندما

يصل منسوب المياه إلى حد الخطر. كما يمكن تكليف بعض الأشخاص
بمهمة القيام برصد السحب الماطرة باستخدام الشبكة العنكبوتية
(الإنترنت) المزودة ببيانات الاستشعار عن بعد.

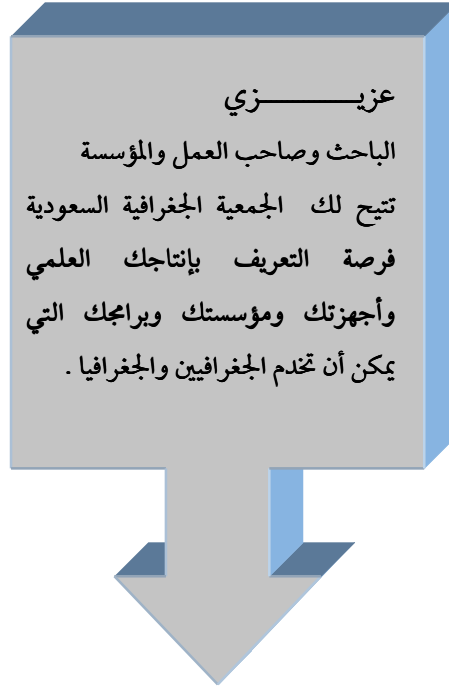
المراجع

المراجع العربية:

- بورويبه، محمد (٢٠٠٧ م)، دراسة هيدرولوجية لتقدير حجم سيول حوض وادي عتود بالمملكة العربية السعودية، سلسلة الإصدارات الخاصة عدد (٢١)، مركز دراسات الخليج والجزيرة العربية، الكويت.
- الجعيدى، فرحان و بورويبه، محمد (١٤٢٨ م)، تقدير تدفق الذروة للسيول بحوض وادي العين بمحافظة الخرج في المملكة العربية السعودية، مركز البحوث، كلية الآداب، جامعة الملك سعود، عدد ١٢١.
- خضير، ثعبان (١٩٩٨ م)، هندسة السيطرة على المياه، دار الشروق، عمان، الأردن
- الدليمي، خلف (٢٠٠٥ م)، التضاريس الأرضية دراسة جيومورفولوجية علمية تطبيقية، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان
- الصالح، محمد (١٩٩٤ م)، التحليل التكراري لكميات الأمطار في منطقة القويعة بالمملكة العربية السعودية، سلسلة بحوث جغرافية، عدد ١٧، الجمعية الجغرافية السعودية، الرياض.
- عبد الرحمن، عبد الرحمن و مارديني، جاك (٢٠٠٣ م)، علم حركة المياه (الهيدرولوجيا)، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، منشورات جامعة حلب، كلية الهندسة المدنية، ٤١٣ صفحة.
- مرزا، معراج والبارودي، محمد (٢٠٠٥ م)، السمات المورفولوجية والخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لأودية الحرم المكي، مجلة جامعة أم القرى للعلوم التربوية والاجتماعية والإنسانية، عدد خاص بمناسبة اختيار مكة المكرمة عاصمة للثقافة الإسلامية عام ١٤٢٦ هـ.
- مصطفى، احمد (١٩٨٨ م)، الخرائط الكنتورية والطبوغرافية تفسيرها وقطاعاتها، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.
- وزارة المياه والكهرباء (٢٠٠٧ م)، التقرير السنوي، الرياض، المملكة العربية السعودية.

المراجع الأجنبية:

- Al Saaran, (١٩٩٩), Temporel and Spatial Variability of Potential Evapotranspiration in Saudi Arabia, **Journal of the Gulf and Arabian Peninsula Studies**, Vol. XXIV, No. ٩٢, pp. ٢٢٩-٢٤٥.
- Chow, V.T., David, R.M. and Larry, W.M., (١٩٨٨), **Applied Hydrology**, Mc Graw-Hill, Singapore.
- Dubreuil, P., (١٩٧٤), **Initiation à l'analyse Hydrologique**, ORSTOM, Masson, Paris.
- Horton, R.E., (١٩٣٢), Drainage Basin Characteristics, **Trans. Amer. Geophys. Union**, Vol. ٣, pp. ٣٥٠-٦١.
- Jatou, J.F., (١٩٨٠), **Hydrologie de surface: Ecoulement de surface et débits de crues**, ١^{ère} Partie, Publication Interne de l'Institut du Génie Rural (EPFL), Lausanne.
- Mébarki, A., (١٩٨٢), **Le Bassin du Kébir-Rhumel: Hydrologie de Surface et Aménagement des Ressources en eau**, Thèse de Doctorat de ٣^{ème} cycle, Université de Nancy II.
- Miller, V.C., (١٩٥٣), A quantitative Geomorphic Study of Drainage Basin Characteristics in The Clinch Mountain Area: Va and Tenn.. **Office of Naval Research**, Geography Branch, Project NR ٣٨٩-٠٤٢, Technical Report ٣, Colombia University.
- Powers, R. W., Ramirez, L. F., Redmond, D., and Berg, E. L., (١٩٦٦), **Sedimentary Geology of Saudi Arabia**, Professional Paper, United States Geological Survey, ٥٦٠D:١-١٤٦.
- Raghunath, H.M., (١٩٩١), **Hydrology: Principles, Analysis and Design**, Wiley Eastern Limited, New Delhi.
- Réménieras, G., (١٩٧٢), **Hydrologie de l'ingénieur**, ٣^{ème} Edition, Eyrolles, Paris.
- Schumm, S.A., (١٩٥٦), The Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badlands at Perth Emboy, New Jersey, **Geol. Soc. Amer. Bull.**, Vol. ٦٧, pp. ٥٩٧-٦٤٦



أسعار الإعلانات
صفحة كاملة بمبلغ ١٠٠٠ ريال سعودي
نصف صفحة بمبلغ ٥٠٠ ريال سعودي
ربع صفحة ٢٥٠ ريال سعودي

آخر إصدارات سلسلة بحوث جغرافية

- ٦٠- معايير التنمية الاقتصادية في المملكة العربية السعودية : دراسة جغرافية مقارنة
٦١- دراسة تحليلية لصور الرادار الروسي (المأز) المأخوذة لمدينة الرياض
٦٢- مساهمة الإناء السعودية في قوة العمل
٦٣- الرياح السائدة المصاحبة للأمطار على منطقة أبها في المملكة العربية السعودية
٦٤- أثر الجفاف على توزيع الغطاء النباتي في حوض قرى العرصة (أحد روافد وادي الطوق) منطقة الرياض
٦٥- فاعلية مؤشرات عدم الاستقرار الجوي الرياضية المعمول بها في وسط المملكة العربية السعودية
٦٦- البطالة في المملكة العربية السعودية : أبعادها المكانية وملاحظها الديموغرافية والاجتماعية
٦٧- آراء السياح في منطقة عسير تجاه استخدام الخرائط السياحية :
دراسة استطلاعية في محافظتي أبها والتماص
٦٨- استخدام المواقع المتعددة الأدوار في وسط مدينة الرياض
٦٩- النظرة الجغرافية في تخطيط المدينة الصحراوية
٧٠- أهم خصائص رحلي العمل والتعليم لمسنوبي جامعة الملك سعود بمدينة الرياض
٧١- استخدام صور الاستشعار عن بعد الرقمية عالية الوضوح المكاني لتحديد امتداد فيضانات السيول في سهل الخرج
٧٢- مستوى المحافظة على نظافة خزانات المياه المنزلية في مدينة الرياض وأثر خصائص السكان فيها
٧٣- تقدير الصيب اليومي الأقصى للسيول بمحوض وادي الكبير الرمال (التل الشرقي الجزائري) .
٧٤- التحليل الجغرافي القارن للمخطط التوجيهي الأول لمدينة الرياض (محطط دو كسيادس) .
٧٥- التوافق المكاني بين الإستراتيجات واتجاهات النمو العمراني في مدن القصيم
٧٦- جيمورفوجية ساحل العقير وإمكانية تنميته سياحياً بين رأس القرية شمالاً وخشم أم حويص جنوباً (شرق السعودية)
٧٧- تقدير الاحتياجات المائية الشهرية للمحصول المرجعي في الأحساء
٧٨- المواقع الصناعية في مدينة الدمام بالمنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية
٧٩- التصنيفات العالمية للطرق البرية وتطبيقاتها في المملكة العربية السعودية
٨٠- درجة حرارة أيام للتدفئة والتبريد عند عتبات حرارية متباينة في المنطقة الشرقية
٨١- توظيف تكاملي لتقنيات الاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية
٨٢- نموذج شبكة عصبية اصطناعية لتقدير المحتوى المائي عند السعة الحقلية وعند نقطة الذبول الدائم في الترب الصحراوية.
٨٣- إمكانية تطبيق نظام النقل الترددي بالحافلات على حجاج الداخل
- د. فريال بنت محمد الهاجري.
أ.د. عبد الله بن الصادق علي
د. حورية بنت صالح الدوسري
أ.د. جهاد بن محمد قرية
د.عساف بن علي الحواس
د. فهد بن عبد الله الكليبي
أ.د. محمد بن مفرح القحطاني
د. محمد بن عوض العمري
د. عامر بن ناصر المطير
د. عبد الله بن سعد الخالدي
د. صالح بن عبد العزيز الفوزان
د. فرحان بن حسين الجعدي
د. نوره بنت عبد العزيز آل الشيخ
د. محمد بن فضيل بورويه
د. عبد الله بن سعد الخالدي
د. مساعد بن عبد الرحمن الخجيدب
د. عاطف بن معتمد عبد الحميد
د. ناصر بن عبدالعزيز السعران
د. شريفة بنت معيص القحطاني
د. سعد بن ناصر الحسين
د. بدرية بنت محمد عمر حبيب
د. عساف بن علي الحواس
د. ناصر بن عبد العزيز السعران
د. عبد الله بن صالح الرقية

Price Listing Per Copy :

Individuals; ١٥ S.R.
Institutions; ٢٠ S.R.
Handing & Mailing Charges are Added on the Above Listing

أسعار البيع :

سعر النسخة الواحدة للأعضاء : ١٥ ريال سعودي.
سعر النسخة الواحدة للمؤسسات : ٢٠ ريالاً سعودياً .
تضاف إلى هذه الأسعار أجرة البريد .

عزيزي عضو الجمعية الجغرافية السعودية
هل غيرت عنوانك؟ فضلاً أملأ الاستمارة المرفقة وأرسلها على عنوان الجمعية
الاسم.....
العنوان :
ص ب : المدينة والرمز
البريدي :
البلد :
الاتصالات الهاتفية :
عمل : منزل :
جوال : بيجر :
بريد إلكتروني :
<p>ترسل على العنوان التالي :</p> <p>الجمعية الجغرافية السعودية</p> <p>ص ب ٢٤٥٦ الرياض ١١٤٥١</p> <p>المملكة العربية السعودية</p> <p>هاتف : ٩٦٦ ١ ٤٦٧٨٧٩٨ + فاكس : ٩٦٦ ١ ٤٦٧٧٧٣٢ +</p> <p>بريد إلكتروني : sgs@ksu.edu.sa</p> <p>كما يمكنكم زيارة موقع الجمعية على الإنترنت على العنوان التالي :</p> <p>www.saudigs.org</p>

Saudi Geographical Society (S.G.S.)

● Editorial Board ●

Editor-in-Chief:	Mohammed A. Al-Saleh	(Ph.D.).
Editorial Board:	Abdulla A. Al-Taher	(Ph.D.).
	Abdullah S. Al-hodaythi	(Ph.D.).
	Mohammed S. Al-Rebdi	(Ph.D.).
	Mohammed A. Meshkhes	(Ph.D.).

● Advisory Board ●

Nasser. A. Al-Saleh, Ph.D., Professor	Umm Al-Qura University.
Amal Yusof A. Al-Sabah, Ph.D., Professor	University of Kuwait.
Hassan A. Saleh, Ph.D., Professor	The University of Jordan.
Mohammed A. Al-Gabbani Ph.D., Professor	King Saud University.
Abdullah N. Al-Welaie, Ph.D., Professor	Imam Mohammed Bin Saud Islamic Univ.

● Correspondence Address ●

All Research Papers and Editorial Correspondence Should be sent to
The Editor-in-Chief, Dept. of Geography
College of Arts, King Saud University
P.O.Box 2456 Riyadh 11451
Kingdom of Saudi Arabia
Tel: 4678798 Fax: 4677732
E-Mail: sgs@ksu.edu.sa

All Views Expressed by Contributors to the RESEARCH PAPERS IN
GEOGRAPHY do not Necessarily Reflect the Position of the Editorial Board or
the Saudi Geographical Society

ISSN 1018-1423
Key title =Buhut Gugrafiyya

●Administrative Board of the Saudi Geographical Society●

Mohammed S. Makki	Prof.	Chairman.
Mohammed S. Al-Rebdi	Assoc. Prof	Vice-Chairman.
Abdulah H. Al-Solai	Assoc. Prof.	Secretary General.
Mohammed A. Al-Fadhel	Assoc. Prof.	Treasurer.
Mohammed A. Meshkhes	Assoc. Prof.	Head of Research and Studies Unit
Anbara kh. Belal	Assis. Prof.	Editor of Geographical Newsletter
Ali M. Alareshi	Prof.	Member.
Meraj N. Mirza	Assis. Prof.	Member
Mohammed A. Al-Rashed	Mr.	Member.

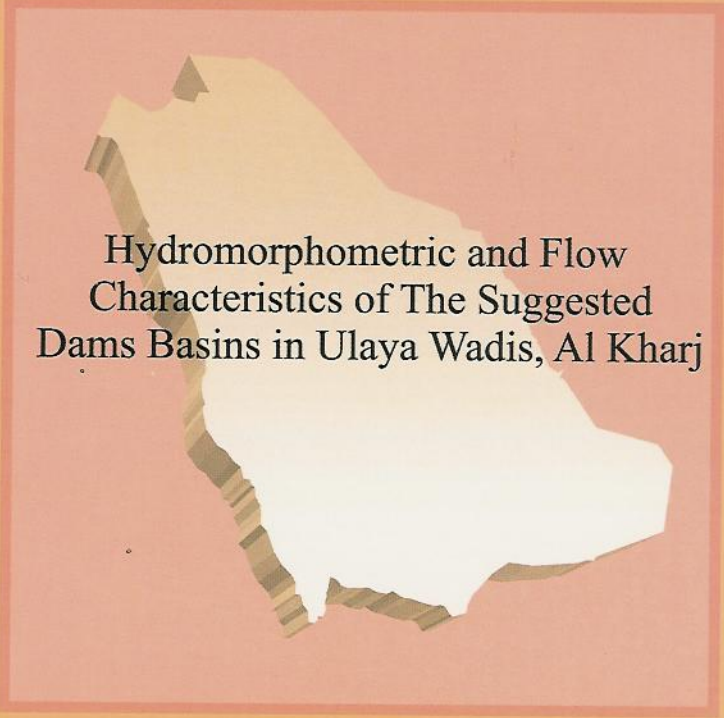


RESEARCH PAPERS IN GEOGRAPHY



REFEREED PERIODICAL PUBLISHED BY SAUDI GEOGRAPHICAL SOCIETY

84



Hydromorphometric and Flow
Characteristics of The Suggested
Dams Basins in Ulaya Wadis, Al Kharj

Dr. Farhan H. Al Juaidi

King Saud University - Riyadh
Kingdom of Saudi Arabia
1429 A.H. - 2008A.D.