9. **Omara, Sh. et al., (1973):** Detailed geological Mapping of the area between Sohag and Gerga, East of the Nile. Bull. of Fac. of Engineering Assiut Univ. Egypt Vol. 1 p. 160.
10. **Said, R. (1981):** The geological evolution of the Nile valley. Springer,151. pp. New York.
11. **Schumm, S. A., 1954:** Evolution of drainage systems and slopes in Badlands at Perth Amboy, New Jersey, Bull. Amer. Geol. Soc. 67, pp. 597-646.
12. **Strahler, A. N., 1964:** Quantitative geomorphology of drainage basin and channel networks, In V. T. chow (ed.), Handbook of applied hydrology, pp. 4/39-4/76.

* * *

الميزانية المائية لحوض وادي العقيق بالمدينة المنورة "دراسة هيدروجيومورفولوجية"

د. متولي عبد الصمد عبد العزيز علي*

ملخص البحث :

تعد الأودية إحدى أبرز الظاهرات بالأقاليم الجافة بالرغم من أن أغلبها يظل جافاً لعدة سنوات، وقد تميزت المدينة المنورة بوجود مجموعة من الأودية المحيطة بها إذ تعد المدينة منطقة حوضية منخفضة تنتهي إليها كثير من الأودية ومن أهمها وادي العقيق[1]. الذي يقع غربي المدينة المنورة ويسهم وادي العقيق مع بعض الأودية الأخرى مثل أودية بطحان وقناة في تزويد بعض الأراضي الزراعية على جانبيه بالمياه عن طريق الآبار المنتشرة بحوضه.

ويبلغ طول وادي العقيق نحو 73 كم بينما تبلغ مساحته نحو 2497كم2 وهو بذلك يعد من الأودية الكبرى التي تخترق المدينة المنورة، وترفده مجموعة من الأودية والشعاب الشرقية والغربية تتسم الشعاب والأودية الغربية منها بقصر مجاريها وشده انحدارها وارتفاع معدلات الأمطار مما جعلها تمثل المنابع الحقيقية لوادي العقيق، وتتباين التكوينات الجيولوجية بالوادي وتمثل الصخور النارية 75% من مساحة الحوض وأغلبها من صخور البازلت، فبينما لا تمثل الصخور الرسوبية سوى 25% من مساحة الحوض، وتتراوح كمية الأمطار التي تسقط عليه بين 40–50 ملم تقريباً يسقط أغلبها علي الروافد الغربية للوادي، ولا تؤثر فواقد التسرب والتبخر بصورة كبيرة على عملية الجريان السطحي وذلك لأن الأمطار عاده تسقط في صورة وابل وخلال فترة زمنية قصيرة، مع تركزها على الأجزاء الغربية للحوض التي تتسم بشدة انحدارها وصلابة صخورها إلا أن معدلات التسرب ترتفع في قيعان الأودية والمناطق التي تتألف من إرسابات مفككة.

ويتسم حوض التصريف بتذبذب كمية الأمطار من حيث الكمية والتوقيت ولذلك فإن عملية الجريان التي تمثل انعكاسا لخصائص المطر والخصائص الجيولوجية والتضاريسية للحوض تتذبذب إلي حد كبير من إلى آخر.

* أستاذ الجغرافيا الطبيعية المساعد بكلية التربية للبنات بالمدينة المنورة، مدرس الجغرافيا الطبيعية بجامعة القاهرة.

(1) يطلق على وادي العقيق عدة مسميات منها وادي الحمد والوادي المبارك، وقد ذكره النبي صلى الله وعليه وسلم في بعض الأحاديث، وكلمة عقيق تعنى في اللغة شق طبيعي في الأرض بسبب السيل، وربما جاءت التسمية بسبب لون الصخر الأحمر على جانبيه (كعكى، ص.ص 535-536).

وقد أوضحت الدراسة أن السيول القوية بالحوض لا تحدث إلا على فترات زمنية طويلة مقارنة بالسيول المتوسطة والصغيرة، وتنتشر بقاع المجرى الكثير من الآبار وخاصة في الروافد الغربية التى تتسم بارتفاع مناسيب المياه الجوفية تحت السطحيه، إذ تعتمد الأراضي الزراعية على هذه الآبار وبعض الدبول الصغيرة، ويلاحظ أن منسوب المياه بهذه الآبار في تناقص باستمرار خلال السنوات العشرة الأخيرة بسبب كثرة السحب.

أهداف الدراسة :

تهدف الدراسة للآتي :

1. دراسة الخصائص الجيومورفولوجية العامة لحوض وادي العقيق .
2. دراسة الخصائص المورفومترية لحوض وشبكة التصريف بالحوض وربطها بعملية الجريان بالحوض.
3. دراسة المدخلات (المطر) والمخرجات (التبخر والتسرب والسحب من المياه الجوفية) بحوض وادي العقيق.
4. دراسة الجريان وخصائصه بالحوض وكيف يمكن الاستفادة بمصادر المياه به.

إشكالية البحث :

يعد وادي العقيق من أهم أودية منطقة المدينة المنورة التي تعانى من نقص في موارد المياه كغيرها من المناطق الجافة وخصوصاً لأغراض الزراعة، ولذلك فمن المهم التعرف على خصائص الحوض بوصفه نظاماً مفتوحاً له مدخلات ومخرجات وتكمن إشكاليه البحث في :

1- هل من الممكن أن يكون وادي العقيق مصدراً رئيسياً للمياه بالمنطقة ؟ .
2- هل يمثل الجريان السطحي بخصائصه المختلفة بالحوض عنصراً يمكن الاعتماد عليه ؟.
3- هل يكون من الأولي إنشاء مجموعة من السدود علي الروافد المختلفة للحوض وأين تقع هذه الروافد وما خصائصها ؟

فرضيات البحث :

تقوم الدراسة الحالية على عدة فرضيات هي :

1- هل يمكن الاعتماد على حوض العقيق كمصدر رئيسي ووحيد للمياه بالمدينة المنورة ؟
2- هل تساهم مياه وادي العقيق في تزويد المدن والقرى التي يمر بها بالمياه طوال العام ؟
3- من الممكن حفر المزيد من الآبار بحوض وادي العقيق حيث يمكن للمياه الجوفية أن تمد هذه الآبار المقترحة بالمياه دون تغير في منسوبها.

ولتحقيق الأهداف السابقة ولاختبار الفرضيات فقد اعتمدت الدراسة الحالية على مجموعة من الخرائط الورقية بمقاييس مختلفة، كذلك فقد اعتمدت الدراسة على بعض الخرائط الرقمية التي تم والذي تم منه استخلاص خصائص الانحدار مثل (DEM)إنشاء نموذج الارتفاع الرقمي منها درجات الانحدار ونسبتة، كذلك استخدمت تقنية نظم المعلومات الجغرافية لتحديد كمية الأمطار الساقطة على أجزاء الحوض المختلفة وحساب كميات التبخر والتسرب به، كذلك تم إنشاء بعض العلاقات بين متغيرات الجريان مثل كمية المطر والجريان.

كما اتبعت الدراسة الحالية المنهج الموضوعي حيث تناولت ظاهرة الجريان وخصائصها المختلفة والعوامل المؤثرة عليها وخاصة ما يتعلق بخصائص الحوض مثل الخصائص التضاريسية والمناخية ثم تحليل عملية الجريان وحساب تكرار يته وفترات العود أو الرجوع.

كما اعتمدت الدراسة على المنهج الإقليمي باعتبار حوض التصريف إقليماً جيومورفولوجيا محدداً بخط تقسيم المياه ويتسم بخصائص عامة وإن أظهرت الدراسة التفصيلية بعض التباينات خصوصاً بين قسمي الحوض الشرقي والغربي.

الدراسات السابقة :

توجد بعض الدراسات التي تناولت أجزاء من حوض التصريف أو باعتباره جزءاً من إقليم أكبر ومن هذه الدراسات نذكر :

1- ورد وادي العقيق ضمن دراسات عامة عن المدينة مثل دراسة الفاروق (1979) عن المدينة المنورة واقتصاديات المكان، ودراسة العوضى (2002) عن الخصائص الجيومورفولوجية لأحواض التصريف بالمدينة المنورة .

2- دراسة القلاوى (1992) عن حوض وادي العقيق باعتباره أحد معطيات البيئة الجافة وقد ركزت هذه الدراسة على الملامح الجغرافية العامة لحوض وادي العقيق والظروف المناخية وكذلك الزراعة والإنتاج الحيواني بالمنطقة.

3- دراسة كعكى (1998) عن معالم المدينة المنورة إذ تناول الجزء الأول منها دراسة مستقلة عن الأودية والحرَّات بالمدينة، وتناولت سرداً شاملاً للخصائص الجغرافية لأودية المدينة المنورة وأفردت جزءاً مهماً عن وادي العقيق.

4- دراسة الدوعان (1999) عن الأودية الداخلة إلي منطقة الحرم بالمدينة المنورة إذ تناولت هذه الدراسة عدة أودية منها وادي العقيق وقد اهتمت الدراسة بالأبعاد والخصائص المورفومترية وبعض الخصائص المناخية.

موقع منطقة الدراسة :

يقع حوض وادي العقيق ضمن نطاق المرتفعات و الهضاب الغربية بالمملكة و فلكيا يقع الحوض بين خطي عرض 52 َ 23°، 30 َ 24° شمالا وبين خطي طول 16 َ 39°، 55 َ 39° شرقا (خريطة 1)، ويتجه الحوض بصفة عامة من الجنوب إلى الشمال، وتبلغ مساحته نحو 2497 كم2[1]، وبلغ أقصى طول له نحو 73.5 كم وأقصى عرض نحو 56.75 كم.

وبالنسبة للموقع الجغرافي للحوض فيحده من الشرق خط تقسيم المياه بينه وبين وادي الشعبة ومن الشمال الشرقي خط تقسيم المياه مع وديان العاقول وقناة، أما من الغرب فتحد الحوض مجموعة من الأودية القصيرة أهمها وادي ملل ووادي الصفراء ومن الجنوب وادي اليتمة.

ويصب الوادي في شمال غرب جبل أُحد في مجمع الأسيال حيث تتجمع مجموعة من الأودية أهمها وادي قناة ووادي العقيق.

ويتألف الوادي من مجموعة الروافد الشرقية وأهمها شعيب الوقيط وشعيب مريخ ورواوة والعشر والدير وبرية، وتتسم الروافد الشرقية السابقة بكبر أطوال أوديتها واتساعها وقلة انحدارها، أما الروافد الغربية فأهمها وادي الدوداء وشعيب قصبان والريامية وضبع وملح وآنفة والسد والمصلى، وتتسم هذه الأودية الغربية بقصر مجاريها وشدة انحدارها وضيق أوديتها، ولكن هذه الأودية تتسم بانتشار العديد من الآبار بقيعانها وخاصة عند مصباتها، ومن أهم هذه الآبار:

* آبار أم الشجيرات عند مصب وادي الحنو واللثام.
* آبار العوامية عند مصب وادي ريم.
* آبار ملح عند مصب وادي ملح.
* آبار الماشي عند مصب وادي آنفة.
* آبار السد عند مصب وادي السد.

---

(1) اختلفت كثير من الدراسات الجغرافية في تحديد مساحة وادي العقيق ولكن تحديد مساحة الحوض في الدراسة الحالية اعتمد على تقنية نظم المعلومات الجغرافية حيث حددت حدود الحوض على الخرائط ثم أجريت عملية ترقيم آلي Digitizing للحصول على المساحة الصحيحة للحوض. وحولت الإحداثيات إلى نظام UTM ثم أنشئت Arc info coverage

وتكاد هذه الآبار تختفي في الجهة الشرقية للحوض، وسجل قليل من الآبار ومنها بئر الساهبة أمام مصب وادي برية، ومن الجلي أن قلة الأمطار وانتشار تكوينات البازلت في الأجزاء الشرقية قلل من فرصة وجود المياه الجوفية وعلى العكس من ذلك تتسم الأودية الغربية باستقبال كميات أكبر من الأمطار ساعدت على انتشار هذه الآبار، كما قللت شدة الانحدار من الفواقد بفعل التسرب والتبخر.

وبالنسبة لخط تقسيم المياه فإنه يسير مع القمم الجبلية والتي يزيد منسوب بعضها عن 1800 متر وأهم هذه القمم في الغرب جبل ورقان 1801 متراً، وجبل السنام 1746 متراً، وجبل كليح 1225 متراً، وجبل عمقان 1445 متراً، ويتسم خط تقسيم المياه في الغرب بأنه يسير في منطقة شديدة الوعورة والتضرس تنتشر بها الكثير من القمم الجبلية أما خط تقسيم المياه في الجهة الشرقية فإنه يسير في منطقة قليلة الانحدار ويصعب في بعض الأحيان تحديد خط تقسيم المياه بين روافد وادي العقيق وروافد وادي الشعبة.

كما تنتشر بعض الجبال في الأجزاء الجنوبية للحوض أهمها جبال المضبعة 1015 متراً، وأسقف 1071 متراً.

كذلك تنتشر بعض القمم الجبلية داخل الحوض وأهمها جبل ضبع 1242 متراً، جبل الرمثية 998 متراً، وجبل عير في الشمال 1024 متراً، وتقل هذه القمم الجبلية في شرقي الحوض وإن وجدت بعض القمم المنعزلة أهمها الحزيم 759، والنغضية 929 متراً.

أما عن روافد وادي العقيق فأهمها وادي ريم الذي ينبع من جبال الهضبة في جنوب الحوض وأهم روافده وادي الدوداء الذي ينحدر من جبال كليح الغربية ويتجه هذا الوادي من الجنوب الغربي صوب الشمال الشرقي حتى يتصل بوادي العقيق.

أما شعيب الريامية فتقع منابعه في جبال الضبع الغربية وهو أحد الشعاب الكبيرة ويبلغ طوله نحو 15 كم ويقع شعيب ضبع شمال شعيب الرياميه ويبلغ طوله نحو 11 كم وينبع من المنحدرات الغربية لجبال ضبع، أما شعيب ملح فينبع من جبال ضبع الشمالية ويميزه وجود مجموعة من الآبار التي تحمل اسمه.

وينبع شعيب آنفة من المنحدرات الجنوبية لجبال عمقان (1445 متراً) ويتجه نحو الشمال الشرقي ويصب في وادي العقيق شمال آبار الماشي، ويسير شعيب السد في اتجاه غربي شرقي وتمتد منابعه في جبال القدية (1021 متر) ويبلغ طوله قرابه 9 كم.

وقد تأثر شعيب حراض بالصدوع حيث يتغير اتجاهه أكثر من مرة حيث يبدأ اتجاهه نحو الشمال الشرقي ثم ينحرف صوب الجنوب الشرقي ثم يسير لمسافة 5 كم في اتجاه شرقي غربي حتى يصل إلى الوادي الرئيسي جنوب جبل الفريدة.

ويعتبر شعيب المصلى من الروافد الكبيرة لوادي العقيق وينبع من جبال مفرحات وتنحدر إليه مجموعة من الروافد من جبل الأسمر (1078 متراً)، ثم يسير في منطقة شبه سهلية قليلة الانحدار حتى يصب في وادي حراض ليصبا معا بمجرى مشترك في وادي العقيق،ويعتبر شعيب المصلى آخر أكبر الشعاب في الأجزاء الغربية إذ لا يرفد وادي العقيق بعد ذلك سوى مجموعة من الشعاب الصغيرة التي تنحدر من جبال الأسمر وجبال جمة وتأخذ هذه الشعاب اتجاهات مختلفة ويتجمع بعضها لتصب في وادي العقيق (خريطة 1).

وترفد الوادي مجموعة من الشعاب الشرقية التي تتسم بطولها واتساع مجاريها ومن الشعاب الشرقية الرئيسية :

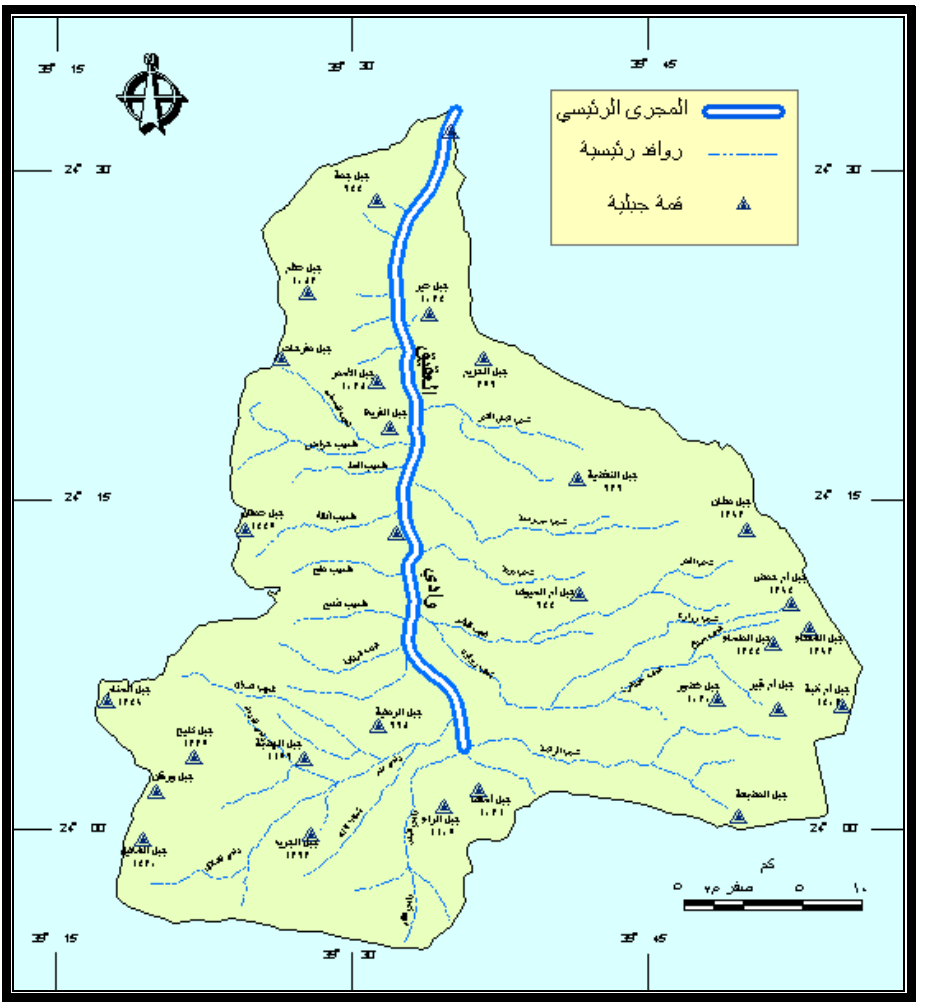
شعيب الوقيط الذي ينبع من مجموعة من القمم الجبلية المنعزلة وأهمها جبل أم ذنبة (1402متراً) وأم قبير وغضور (1070 متراً)، ويبلغ طوله نحو 36 كم، ولوحظ انتشار عدد من البحيرات ضمن حدود حوض هذا الشعيب تنتشر حولها النباتات وخاصة منطقة رياض البهم، ويلي ذلك إلى الشمال شعيب عويشزة الذي يبلغ طوله نحو 41 كم وينبع من جبال الشعثاء (1261 متراً)، والملساء (1244 متراً)، وتتجمع مياه هذا الشعيب في منطقة منبسطة يطلق عليها اسم (قاع القلعة) التي تتلقى أيضاً مياه شعيب رواوه (يقع شمال شعيب عويشزه) ،وتصب في هذه المنطقة أيضاً مياه شعيب مريخ الذي ينبع من جبال أم حمص (1246 متراً)، وتنشأ بعض البحيرات في هذه المنطقة ويخرج وادي عويشزة من منطقة قاع القلعة وقد اتسع مجراه وزادت كمية مياهه (في حالة سقوط الأمطار) ويتجه غرباً ليصب في وادي العقيق باسم شعيب رواوه.

ويلي ذلك إلى الشمال شعيب العُشر الذي يتألف بصوره رئيسيه من التقاء شعيب العُشر وشعيب الدير الذي ينبع من جبال مطان (1367 متراً) وحلية الرمث (1335 متراً) ويبلغ طول شعيب العشر نحو 42 كم تقريباً ويصب في وادي العقيق في مقابل وادي الضبع من الجهة الغربية.

ويعتبر شعيب مصودعة من أهم الشعاب الشرقية التي ترفد وادي العقيق في مقابل وادي السد في الجهة الغربية، وتقع منابع هذا الشعيب في حلية مصودعة (1046 متراً) وجبل مصودعة (914

متراً)، وتتجمع مياهه في منطقة سهلية تسمى قاع الغصن قبل أن يصب في وادي العقيق ويبلغ طول شعيب مصودعة نحو 32.5 كم.

وتعتبر شعاب قيعان النغير من أهم الشعاب الشمالية الشرقية لحوض وادي العقيق حيث تختفي بعد ذلك الشعاب الكبيرة، وتتبع هذه الشعاب من جبال النغضية (929 متراً)، وتتجمع في منطقة قليلة الانحدار حيث تنتشر السبخات وبعض البحيرات المؤقتة التي تمتلئ بالمياه في أعقاب سقوط المطر وجريانه في هذه الشعاب وتجف بعد ذلك،ثم تخرج هذه الشعاب من هذه المنطقة السهلية وقد تعددت مجاريها لتصب في وادي العقيق شمال جبل الفريدة.



خريطة (1) : الملامح الجغرافية العامة لحوض وادى العقيق.

وتكاد تختفي الشعاب الروافد شمال قيعان النفير باستثناء بعض المسيلات التي تنحدر من جبل عير باتجاه وادي العقيق.

أما المجرى الرئيسي لوادي العقيق فأنه يبدأ في الجنوب في منطقة سهلية يصعب معها تحديد خط تقسيم المياه مع وجود بعض القمم الجبلية التي تقع على حدود الحوض أو تلك الموجودة داخل حوض التصريف بكاملها مثل جبل الحريد (1292 متراً) ويبدأ الوادي بالتقاء رافديه الحنو واللثام حيث يلتقيان عند بئر أم شجيرات ليكونا المجرى الرئيسي لوادي العقيق.

أولاً : التكوينات الجيولوجية بحوض التصريف :

قد يكون من الأجدى أن نصنف صخور حوض التصريف حسب نوع التكوينات وليس حسب الزمن ذلك لأن نوع التكوينات يحدد أهم الفواقد وهو التسرب ومن ثم يمكن القول أن حوض التصريف يحتوي على التكوينات التالية:

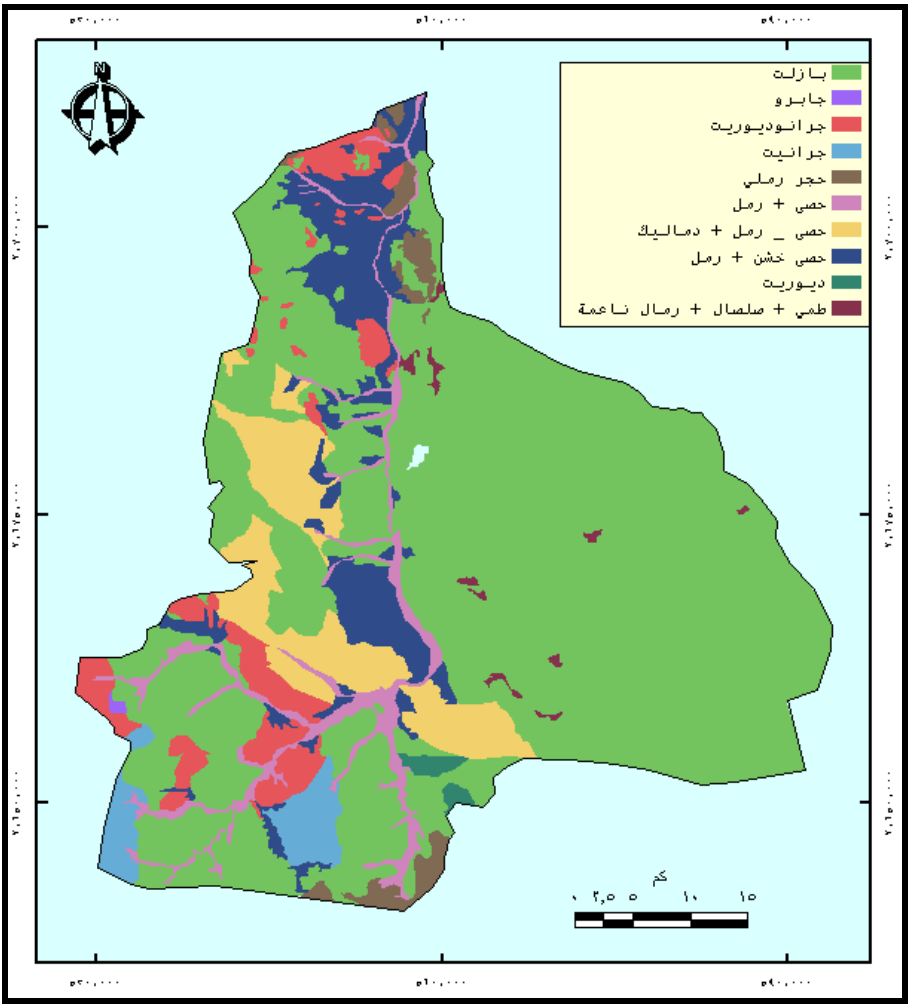
أ- الصخور النارية والمتحولة :

وتتمثل هذه الصخور في مساحات كبيرة تغطي سطح الحوض ويرجع أقدمها لما قبل الكمبري الأعلى Upper Proterozoic، ص 47)، (الشنطي، سنة مليون 800 نحو أكثر من عمرها ويبلغ وتشغل التكوينات النارية والمتحولة مساحة تبلغ حوالي 78.2% من مساحة الحوض أو ما يمثل 1953.6 كم2، وتنتشر انتشارا كبيرا بالحوض (خريطة 2). وتتمثل هذه التكوينات في :

1- البازلت:

ويتمثل في تكوينات الحرات البركانية المنتشرة بالحوض وأهمها حرة رهط التي تغطي أغلب الأجزاء الشرقية (صورة 1)، وتنتمي تكوينات البازلت للزمنين الثالث والرابع، إذ يغطي بازلت الزمن الثالث نحو 583 كم2 بنسبة 23% من مساحة الحوض، ويتسم البازلت هنا باللون الرمادي ويتألف في معظمه من كتل مستديرة كبيرة الحجم (العوضي، ص22)، ويتراوح سمك هذه التكوينات بين 400-600 مترا (Pellaton, P. 14.)

وتتميز أنماط التصريف التي تنتشر فوق هذه التكوينات بأنها أكثر تطورا من الموجودة فوق تكوينات البازلت التي ترجع للزمن الرابع، وقد تعرضت تكوينات البازلت القديمة لعمليات النحت لفترات طويلة مما أدى لاستواء السطح بصفة عامة، كما لوحظ أن السبخات التي كانت تنتشر فوق هذه التكوينات قد اختفت أو ردمت بفعل عوامل التعرية.



خريطة (2) : الخريطة الجيولوجية لحوض وادى العقيق.

أما البازلت الذي يرجع للزمن الرابع فيغطي نحو 390 كم2 من مساحة الحوض وهو ما يعادل 15.6% من المساحة، ويلاحظ أن هذه التكوينات لا تمتد امتداداً متصلا ولكنها توجد على هيئة بقع تتخلل تكوينات البازلت الثلاثي، وتتميز باللون الأسود وتوجد في صورة كتلية Massive وتظهر بها آثار التدفقات البركانية، وتنتشر بها الحافات الشديدة، كما أنها تحتوي على عدد قليل من المجاري المائية مقارنة بتكوينات البازلت التي ترجع للزمن الثالث، وقد يرجع ذلك لصلابتها، كما تنتشر بعض السبخات الصغيرة فوقها.

2- تكوينات البازلت والأنديسيت (تكوين قديرة) :

ويغطي نحو 596كم2 بنسبة 24% من مساحة الحوض (شكل 1)، وينتشر بصورة أساسية غربي المجرى الرئيسي لوادي العقيق (خريطة 2)، وتمثل تكوينات قديرة أحد تكوينات مجموعة فريح Furayh ، وتتألف بصورة رئيسية من البازلت والأنديسيت، وتوجد في معظمها في صورة تلال غير مرتفعة، وترجع إلى ما قبل الكمبري.

3- الجرانيت والديوريت والجابرو :

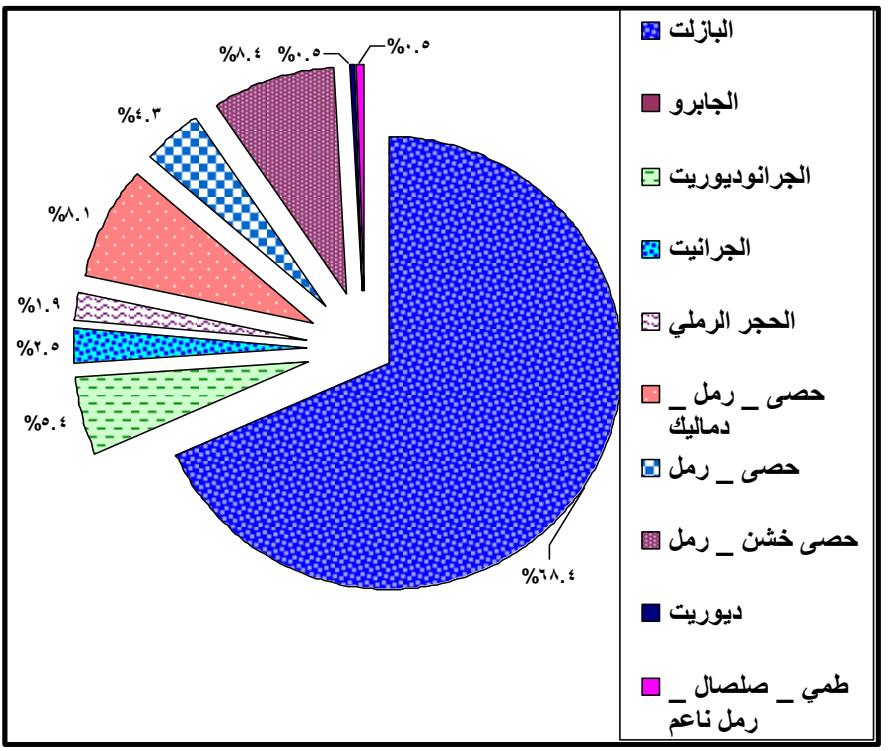
تشغل هذه التكوينات مساحة تقدر بنحو 200كم2 بما يعادل 8% من مساحة حوض التصريف (صورة 2)، وتنتشر صخور الجرانيت على هيئة بقع متناثرة في الأجزاء الجنوبية والغربية للحوض وخاصة على جوانب وادي ريم الغربية، كما تتمثل هذه التكوينات في جبل الحريد جنوبي الحوض.

وتنتشر صخور الجرانوديوريت في الأجزاء الشمالية للحوض وتتألف من بلورات متوسطة ودقيقة وتتسم بصلابتها، وهو ما انعكس على الأودية التي تخترق هذه التكوينات إذ تتسم بجوانب شديدة الانحدار.

أما تكوينات الجابرو فإنها لم تسجل بالحوض سوى في بقعة واحدة تقع في جنوب غربي الحوض ووجدت متداخلة ضمن تكوين قديرة وصخور الجرانوديوريت، ولا تغطي سوى مساحة قليلة تبلغ 1.8كم2 فقط ويطلق عليها مكون مسيجيد.

ب- الصخور الرسوبية :

تنتشر الصخور الرسوبية بالحوض انتشارا كبيرا على الرغم من قلة مساحتها، وتنتمي لأزمنة جيولوجية قديمة (ما قبل الكمبري)، كذلك تنتشر الرواسب التي ترجع للزمن الرابع بعصريه، وأهمها :



شكل (1) : التوزيع النسبي للتكوينات الجيولوجية بحوض وادي العقيق.

1- تكوين العريفي :

يشغل نحو 7.5كم2 من مساحة الحوض ويتألف من البريشيا البركانية والحجر الرملي وبعض المفتتات الأخرى، يعتبر الجزء العلوي لمجموعة تكوينات العيس، ويصل السمك لعدة آلاف من الأمتار (Pellaton, P. 6.)

2- تكوين داوناك :

يتألف من الحجر الرملي والكونجلومرات ،وتعلو طبقة الكونجلومرات (الدماليك) راقات من الحجر الرملي الذي تتراوح أقطاره بين 8-15سم، (العوضي، ص 18)، وترتكز هذه التكوينات على راقات من الطوفا والرايولايت وخاصة في حدود تلامسها مع تكوينات قديرة التي تقع أسفلها، وتغطي مساحة تبلغ 13.6كم2 بنسبة 0.5% من المساحة، وتتركز شمالي الحوض على الجانب الشرقي للوادي الرئيسي، وتشكل الأجزاء العليا من مجموعة تكوينات فريح والتي تعود بدورها للنصف الثاني من عصر ما قبل الكمبري.

3- تكوين القاحة :

سجلت هذه التكوينات في أقصى جنوب الحوض، وتشغل نحو 21كم2 بنسبة 0.8% من مساحة الحوض، وتعتبر مرحلة انتقالية بين تكوينات البازلت البركانية والصخور الفتاتية، وتتألف هذه الصخور في أجزائها السفلية من الكونجلومرات الذي تقل أقطار حبيباته عن 25سم ويتراوح سمكها من 30-100 متر تقريبا (Camp, P. 11)، أما الأجزاء العليا منها فتتألف من صخور الحجر الرملي مع تداخلات من المارل وبعض الرواسب البركانية.

4- المفتتات الرسوبية :

تشغل هذه التكوينات مساحة تبلغ 201كم2 بنسبة 8% من مساحة الحوض وتنتشر هذه الرواسب فوق مساحات كبيرة في الأجزاء الغربية للحوض وتشكل أحيانا بعض الكتل الجبلية مثل جبل خنيقة والربد وأم الجدير، كما تظهر في جبل أسقف جنوبي الحوض حيث تغطيها في بعض الأحيان إرسابات الزمن الرابع وبعض تكوينات البازلت الثلاثي، وتتألف هذه التكوينات بصورة رئيسية من الكونجلومرات وبعض الكتل المستديرة والحجر الرملي ذو الحبيبات الخشنة والحجر الطيني والحجر الصلصالي، كما سجلت بعض رواسب البريشيا البركانية (Pellaton, P. 10).

ج- الرواسب السطحية الحديثة :

وهى الرواسب التي تنتمي للزمن الرابع حيث تغيرت الظروف المناخية واستقرت العلاقة بين اليابس والماء وهدأت إلى حد بعيد عمليات الرفع التي صاحبت نشأة الأخدود الإفريقي خلال الزمن الثالث ، وتنقسم هذه الرواسب بحوض التصريف إلى :

1- إرسابات قيعان الأودية :

تشغل نحو 107 كم2 بنسبة 4.3% من مساحة الحوض وتتمثل في إرسابات بطون الأودية وخاصة الأودية ذات القطاعات العرضية المتسعة، ويزداد سمك الرواسب في القطاعات الدنيا للأودية أى فى مناطق المراوح الفيضية، وتتألف بصورة رئيسية من الرمل والصلصال، وتتسم هذه الرواسب بالخشونة في الأودية شديدة الانحدار واحتوائها على مفتتات كبيرة الحجم، أما في مجرى العقيق الرئيسي فتتسم الرواسب بزيادة سمكها وكونها أقل حجما وأكثر تصنيفا من بقية إرسابات قيعان أودية الروافد، وتمثل هذه الرواسب مصدرا مهما للحصول على المياه الجوفية تحت السطحية.

2- رواسب المنحدرات والمراوح الفيضية والكثبان الرملية:

تشغل هذه الرواسب مساحة تقدر بنحو 208كم2 بنسبة 8.4% من إجمالي المساحة، وتنتشر انتشارا كبيرا بالأجزاء الشمالية والغربية للحوض، وتتألف من الحصى والجلاميد وهى أكثر تصنيفا في المراوح الفيضية من إرسابات المنحدرات، وتنتشر إرسابات الباجادا عند أقدام المنحدرات في الأجزاء الغربية للحوض حيث تزيد معدلات النحت بصورة ملحوظة على المنحدرات بفعل التعرية النهرية.

أما الكثبان الرملية فهى نادرة الوجود بالحوض وإن سجلها الباحث في بعض المواضع على جوانب وادي العقيق الرئيسي الذى يخترقه الطريق الرئيسي بين مكة والمدينة وتنتشر بعض الكثبان الصاعدة وبعض الأشكال الرملية الصغيرة، وتتألف أساسا من الرمال الناعمة والناعمة جدا.

3- رواسب السبخات (الخبرات) :

وقد تم رصد 10 سبخات بالحوض تغطي مساحة تبلغ نحو 11.5كم2 بنسبة 0.46% من مساحة الحوض، وتوجد بالأجزاء الشرقية للحوض ، ويلاحظ أن هذه الظاهرة سجلت ضمن

محيط الصخور البازلتية التى تنتمى إلى الثلاثي والرباعي الذي يشكل حرة رهط، وسجلت في إطار منطقة حوضية شبه مغلقة، وتتألف الرواسب بصورة رئيسية من تتابعات من الرمل والصلصال مع تداخلات من الجبس والملح.

ثانياً : خصائص حوض التصريف وشبكة التصريف وأثرها على الجريان :

ما من شك أن هناك مجموعة من المتغيرات الخاصة بحوض وشبكة التصريف التي لها تأثير واضح علي عملية الجريان، وقد حاول كثير من العلماء إنشاء علاقات بين هذه المتغيرات والجريان خصوصا أن الأحواض بالمناطق الجافة تتسم بقله أو انعدام المحطات المناخية ومحطات تسجيل السيول، ومن هذه المتغيرات مساحة حوض التصريف وشكل الحوض وكثافة التصريف وبعض الخصائص التضاريسية مثل درجة الانحدار ونسبة التضرس وبعض المتغيرات الأخرى مثل نوع النبات الطبيعي ونوع التربة.

وبالنسبة لمساحة الحوض فقد بلغت 2497كم^2 ومن ثم فانه يعد من الأحواض كبيرة المساحة، وبالنسبة للأحواض الجافة فإن العاصفة المطيرة لا تغطى كل مساحة الحوض وإنما تغطى جزءاً صغيراً من المساحة ولذلك فقد أوضح (صالح، ص30) أن هناك علاقة عكسية بين مساحة حوض التصريف وحجم الجريان، وقد قنن تشورلى العلاقة بين مساحة الحوض وحجم الجريان من خلال الصيغة التالية :

$$Q_{2.33} = 12A^{0.79}$$

حيث Q تمثل حجم التصريف

A تمثل مساحة الحوض (Chorley, P. 40)

كما ربط جراف (Graf, P. 79:) بين قمة الجريان ومساحة الحوض من خلال العلاقة التالية

$$Q = 0.278 \times CRA$$

حيث أن :

Q تمثل قمة الجريان قدم / ثانية

C معامل ثابت يتراوح بين 0.10 – 0.50 حسب خصائص التربة

R كمية المطر ملم / ساعة

A مساحة الحوض بالكم^2

وقد أوضح شوم أن هناك علاقة عكسية بين مساحة حوض التصريف وحجم الرواسب التي يجلبها النهر عند مصبه، وربما يكون ذلك غريباً ولكن فسر شوم ذلك بأن الأحواض ذات المساحات الكبيرة ترتفع فيها القدرة الكامنة على الاحتفاظ بالرواسب داخل الحوض خاصة إذا أكدنا على أن العاصفة المطيرة لا تغطى كل مساحة الأحواض في الأقاليم الجافة ولكن ربما يسقط المطر على أحد أودية الروافد الصغيرة ، وجاءت الصيغة التي أشار إليها شوم (Schumm, P. 70) كما يلي :

$$Qs = 2.4\ A^{0.229}$$

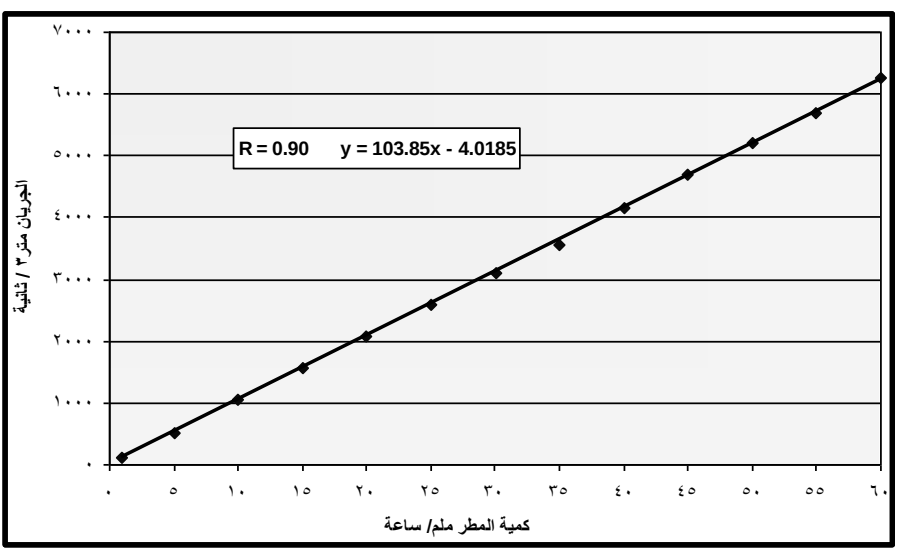
تمثل حجم الرواسب Qs حيث أن :

مساحة حوض التصريف A

وبتطبيق الصيغ الثلاث السابقة على حوض وادي العقيق ، فقد بلغ ناتج معادلة تشورلى نحو 13505 متر3 /سنوياً، أما معادلة جراف فلم تتوفر لها بيانات عن كمية الأمطار السنوية لكل ساعة ولذلك فقد تم افتراض تراوح كمية المطر بين 1 ملم/ساعة إلى 60 ملم/ساعة، وجاءت النتائج كما يلي :

جدول (1) : العلاقة بين المطر وقمة الجريان.

كمية المطر ملم/ساعة	قمةالجريان متر3/ثانية	كمية المطر ملم/ساعة	قمةالجريان متر3/ثانية
1	104	35	3644
5	520	40	4164
10	1041	45	4685
15	1561	50	5206
20	2082	55	5726
25	2603	60	6247
30	3123	المتوسط العام	3131.7



ولكننا ينبغي أن نشير إلى أن قمة الجريان ستتجاوز الأرقام الواردة بالجدول إذا زادت كمية المطر خلال الساعة الواحدة، ومن الواضح أنه كلما زادت درجة تركز المطر كلما زادت قمة الجريان وأصبح من الممكن وصوله للمجرى الرئيسي.

ومن الخصائص التي تؤثر على الجريان انحدار السطح إذ تتسم الأسطح ذات الانحدار الشديد بسرعة التدفق ومن ثم تقليل الفواقد بفعل التبخر والتسرب مقارنة بالأسطح قليلة الانحدار أو المنبسطة التي تعطى فرصة أكبر لفقد جزء كبير من المياه بفعل التبخر والتسرب.

وبخصوص الخصائص التضاريسية والانحدار فقد أتضح من خلال مجموعة الخرائط (3، 4، 5) ما يلى :

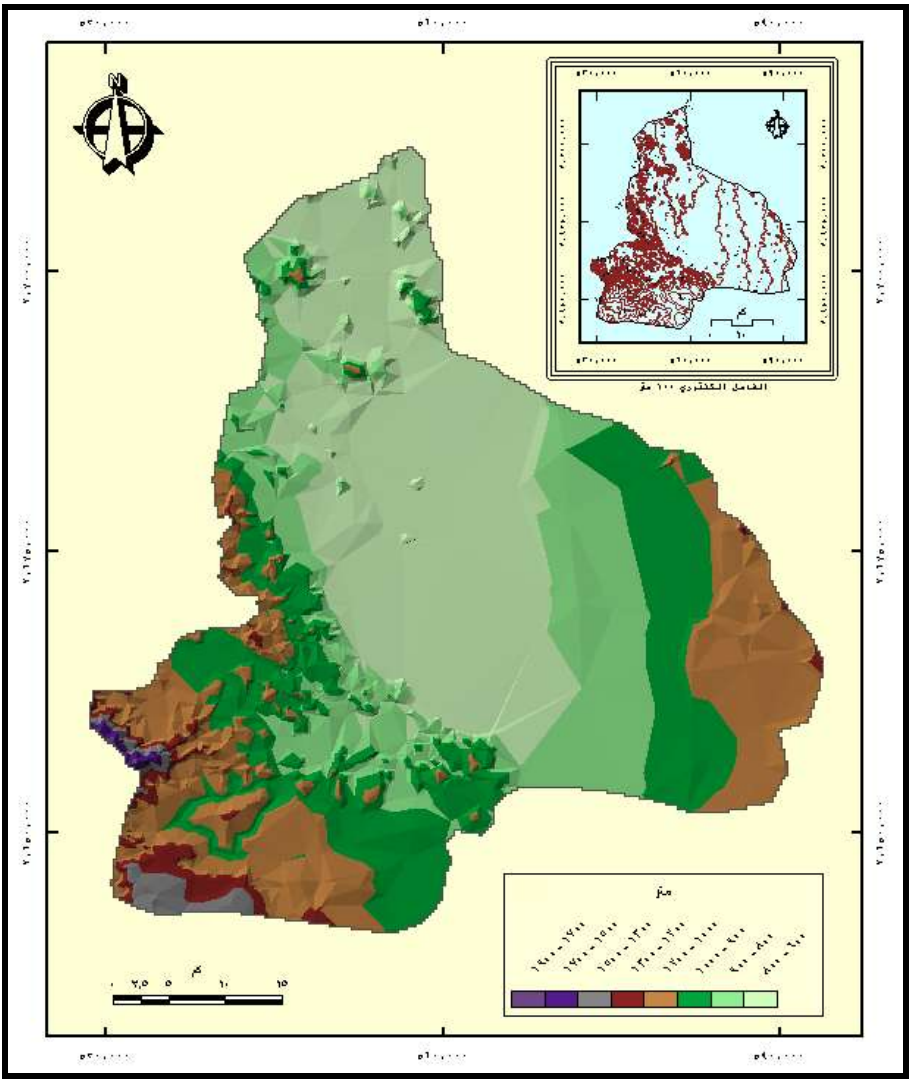
- يتراوح الارتفاع بين 1850 متراً وأقل من 600 متر تقريباً.
- تتسم الأجزاء الجنوبية الغربية للحوض بشدة الانحدار مقارنة بمناطق وسط وشرقي الحوض.
- تتراوح درجات الانحدار بين 30 درجة إلى درجة واحدة، مع زيادة درجات الانحدار في الأجزاء الجنوبية الغربية وكذلك بعض الحافات المنعزلة في الشمال والشمال الغربي مثل جبل عير والحزيم وجبال جمة.
- تتراوح نسبة الانحدار بين أقل من 5%، 35%، حيث تزداد النسبة في جنوبي غربي الحوض وتقل شرقاً وشمالاً.
- بصفة عامة يتسم الحوض بالانحدار من الغرب والجنوب الغربي نحو الشمال والشمال الشرقي.
- تنتشر الانحدارات الشديدة أكثر من 20 درجة في الحافات الشديدة المنتشرة بجنوب غرب الحوض وبعض البقع المتناثرة فى شمال وشرق الحوض، وقد أدى ذلك إلى تعدد الأودية التي ترفد الوادي من الغرب، مع تميز هذه الروافد بقصرها وشده انحدارها وضيق أوديتها، إلا أننا نستطيع القول أن الروافد الغربية تمثل المنابع الحقيقية لحوض وادي العقيق.

[1]، Lag–Timeويؤثر الانحدار على بعض المتغيرات المهمة المحددة للجريان مثل زمن التباطؤ [2]. وبلغت قيمة زمن التركز في حوض وادي العقيق نحو 8 ساعات Concentration Timeوزمن التركز ونصف، بينما كانت قيمة زمن التباطؤ نحو 5.7 ساعة.

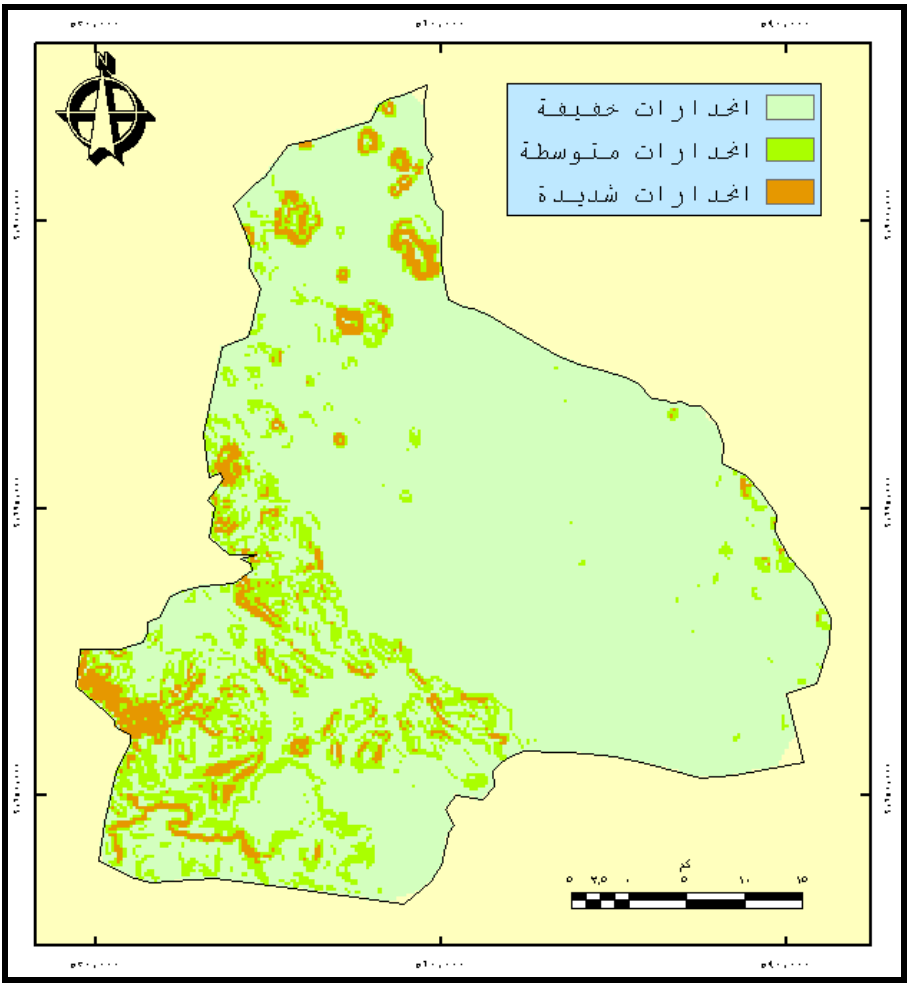
---

(1) ويقصد به الفترة الزمنية المحصورة بين بداية سقوط الأمطار وبداية حدوث الجريان.

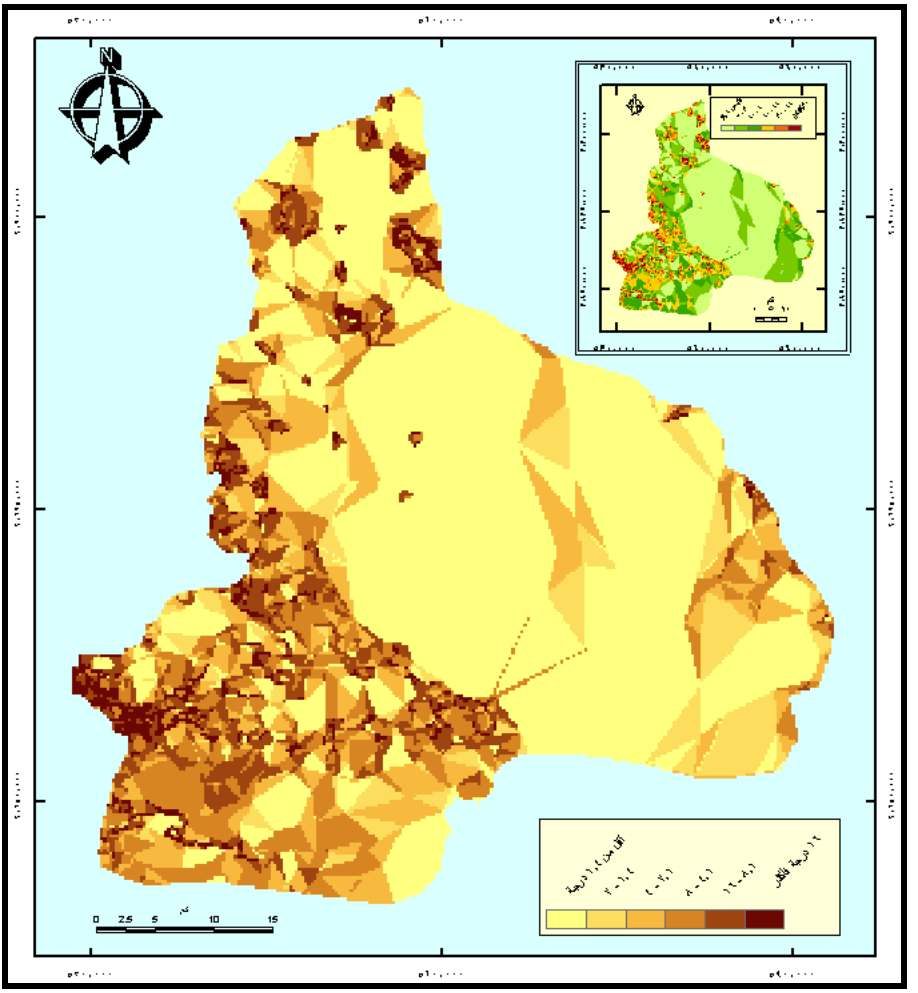
(2) ويقصد به الفترة الزمنية التي يكون بعدها توثيق الجريان بعدها مساوياً لأي زيادة في معدل التساقط.



خريطة (3) : الخريطة الكنتورية ونموذج الارتفاع الرقمى لحوض العقيق.



خريطة (4) : أنواع الانحدارات بحوض وادى العقيق.



خريطة (5) : نسبة الانحدار ودرجات الانحدار بحوض العقيق.

ومن المعلوم أن الأحواض التي ينخفض فيها زمن التركز تتسم بوصول الأمطار إلى المجارى الرئيسية بعد وقت قصير من سقوطها، ولكن ينبغي ملاحظة أن هذا المعامل لم يأخذ في اعتباره بعض خصائص الحوض مثل نوع الرواسب ومساحة الحوض كما أنه يفترض أن الأمطار تسقط بصورة متساوية على الحوض (علي، ص 258).

أما زمن التباطؤ فمن المتغيرات المهمة المؤثرة في عملية الجريان وقد انخفض معامل التباطؤ على أحواض الروافد ليصل إلى نحو 43 دقيقة في المتوسط، ويرتفع في الروافد الشرقية عن الغربية إذ بلغ نحو 54 ، 38 دقيقة للروافد الشرقية والغربية على التوالي.

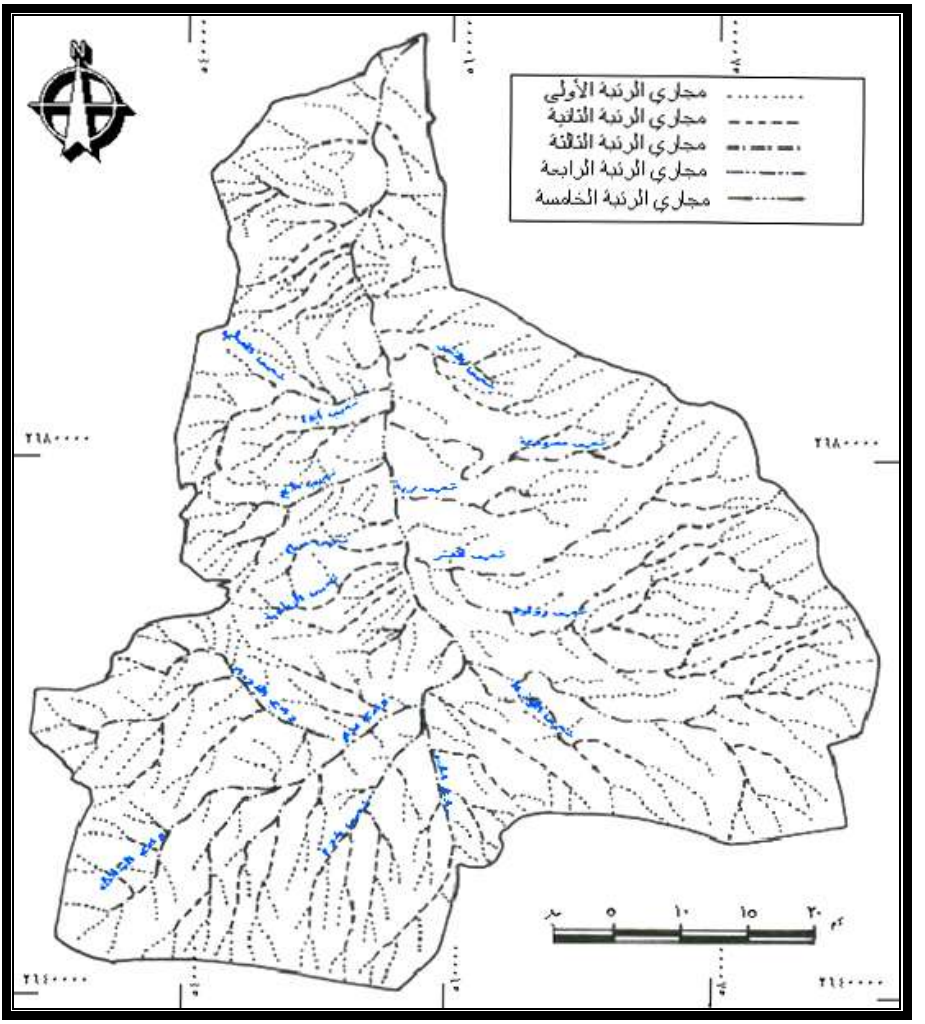
مما سبق يتبين أن زمن التباطؤ قد تأثر بعامل الانحدار حيث يقل في الروافد الغربية التي تتسم بشدة انحدارها مقارنة بالروافد الشرقية، ولهذا فمن المتوقع أن تحدث عملية الجريان في الروافد الغربية أسرع من الروافد الشرقية إذا افترضنا ثبات كمية الأمطار.

وبخصوص الخصائص المورفومترية لشبكة التصريف وتأثيرها على الجريان، فقد اعتمدت الدراسة على الدراستين اللتين قام بهما (العوضي، 2002) و (الدوعان، 1999)، الاعتماد على الخرائط الطبوغرافية كبيرة المقياس، ويتضح من خلال الجدول التالي أهم الخصائص المورفومترية لحوض التصريف :

جدول (2) : الخصائص المورفومترية لحوض وشبكة تصريف وادي العقيق.

المساحة	2497.8 كم	نسبة الاستدارة	0.49	عدد مجاري الرتبة الثانية	72
المحيط	254.3 كم	معامل الشكل	0.46	عدد مجاري الرتبة الثالثة	18
الطول	73.5 كم	معامل الاندماج	1.43	عدد مجاري الرتبة الرابعة	5
العرض	56.75 كم	معامل الانبعاج	0.54	عدد مجاري الرتبة الخامسة	1
أقصى منسوب	1865 متر	التكامل الهبسومتري	1.95	إجمالي عدد المجاري	353
أقل منسوب	585 متر	التضاريس النسبية	50.4	تكرارية المجاري	0.14 مجرى/كم2
نسبة الاستطالة	0.77	عدد مجاري الرتبة الأولى	257	كثافة التصريف	0.63 كم/كم2
				نسبة التشعب	4.05

المصدر: بيانات شبكة التصريف فقط اعتمادا على (العوضي، ص ص 38 –41).



المصدر: الخرائط الطبوغرافية، 250000:1 (لوحتا المدينة المنورة والسويرقية)
الدوعان، 1999، – العوضي، 2002.

شكل (6) : شبكة التصريف لحوض وادى العقيق.

وقد اتضح من خلال خريطة شبكة التصريف أن الحوض يضم 350 مجرى ونيف، وربما يزيد العدد عن ذلك بكثير بإضافة المسيلات الصغيرة، وتتسم الأجزاء الغربية من الحوض بزيادة أعداد المجاري مقارنة بالأجزاء الشرقية، إذ وصلت نسبة عدد المجاري في الجزء الغربي نحو 64% مقابل 36% في الجزء الشرقي، ويرجع ذلك إلى شدة الانحدار في الأجزاء الغربية و زيادة كمية الأمطار، ويعني ذلك أن الجزء الغربي يتسم بكفاءة فى الجريان ونقل الرواسب، وكذلك انخفاض معدلات التبخر والتسرب، كما تتميز الروافد الغربية بقصر مجاريها مما يساعد على سرعة نقل المياه إلى المجرى الرئيسي.

كذلك تشير زيادة أعداد المجاري في الجانب الغربي إلى أن جزءا كبيرا من التساقط سيجد طريقه إلى مجار محددة مما سيقلل بدوره من عملية التسرب (Morisawa, P. 326.)

كما تؤثر متغيرات شكل الحوض على عملية الجريان فالأحواض التي تميل للشكل الكمثرى – يعبر عن ذلك بمعامل الانبعاج الذي سجل 0.54 للحوض– كوادي العقيق من المتوقع أن تتجمع مياه الروافد في وقت متقارب لتصب في المجرى الرئيسي، ومن الملاحظ أن أحواض الروافد قد سجلت قيما مرتفعة مقارنة بحوض العقيق بأكمله، وقد يوحى ذلك بأن الحوض قد قطع شوطا في دورة التعرية النهرية مقارنة بأحواض الروافد (Gregory & Walling, P. 52.)

وقد بلغت نسبة الاستطالة بحوض وادي العقيق نحو 0.77 ، ومن المعلوم أنه كلما اقتربت القيمة من الواحد الصحيح فإن ذلك يدل على ابتعاد شكل الحوض عن الشكل المستطيل (تراب، ص 71)، وقد بلغ متوسط نسبة الاستطالة للروافد الشرقية نحو 0.34 والروافد الغربية نحو 0.63، ويدل ذلك على أن عملية الجريان تتسم بالبطء في الروافد الشرقية مقارنة بنظيرتها الغربية.

أما نسبة التشعب فقد تراوحت بين 3 – 4، وقد أشار ليوبولد وزملاؤه إلى أن نسبة التشعب تبلغ 3.5 في أغلب أحواض التصريف (Leopld, et al., P. 138)، وتشير الدراسة التفصيلية لنسب التشعب بوادي العقيق إلى ارتفاع النسبة في الأحواض الغربية التي تجري فوق الصخور النارية الصلبة شديدة الانحدار حيث تتراوح بين 5.1، 6.6، وترتفع أعداد مجاري الرتبتين الأولى والثانية وتقل هذه النسبة في الأحواض الشرقية.

وتعد كثافة التصريف من متغيرات الشبكة المهمة المؤثرة على عملية الجريان، فارتفاع قيم كثافة التصريف يشير إلى ارتفاع أطوال المجاري في الوحدة المساحية مما يقود بدوره لإيصال مياه الأمطار بسرعة للمجاري الرئيسية، ويزداد أثر كثافة التصريف في حوض وادي العقيق بسبب ندرة النبات الطبيعية وعظم تأثير العامل الجيولوجي والتضاريسي، ومن العلاقات التي تناولت العلاقة بين كثافة التصريف والجريان معادلة هورتون (Horton, pp. 284-285:)

$$L_{\emptyset} = 1/\ 2D_d$$

طول الجريان السطحي وهى المسافة التي تقطعها المياه قبل وصولها لمجار محددة، $L_{\emptyset}$ إذ تمثل كثافة التصريف.D_dوتمثل

وهناك أيضا الصيغة التي وضعها كارلستون (Carlston, pp. 6-7:)

$$Q_{2.33} = 1.3D^2$$

= متوسط الجريان السطحي (في الميل المربع)،Q حيث

= كثافة التصريف D

وقد تبين أن طول الجريان السطحي طبقا لمعادلة هورتون بلغ 0.79 ميلاً بحوض وادي العقيق بينما بلغ متوسط حجم الجريان السطحي تبعا لمعادلة كارلستون نحو 22 متر^3/ميل^2.

وقد أكدت أغلب الدراسات على وجود علاقة طردية بين كثافة التصريف من جهة والجريان السطحي من جهة أخرى، ومن المعروف أن كثافة التصريف تزيد بالقرب من مناطق المنابع ولذلك فمن المتوقع أن ترتفع كمية الجريان السطحي في أحواض الروافد وتحديدا الروافد الغربية للوادي وذلك لارتفاع كثافة التصريف في أحوض روافد وادي العقيق.

ثالثاً : الأمطار :

تعد الأمطار من أهم مصادر المدخلات في حوض وادي العقيق، بل ربما تمثل المصدر الرئيسي للمياه المدخلة إلى الحوض بالإضافة إلى قليل من المياه الجوفية الحفرية التي تكونت في عصور سابقة والمياه الجوفية تحت السطحية ومصدرها الأمطار.

وكان لموقع حوض وادي العقيق في مناطق جبلية ومناطق سهلية أثره في تنوع المطر على الحوض، وإن اتسمت الأمطار بصفة عامة بالشح والندرة والعشوائية في الكمية والتوقيت وذلك شأن أمطار الأقاليم الجافة.

وقد اعتمدت الدراسة الحالية على البيانات المناخية لعدة محطات تقع جميعها بجوار حوض التصريف باستثناء محطة واحدة فقط تقع داخل حدود الحوض وهى محطة بئر الماشي[1]، كما اعتمدت الدراسة على مسجلة سيول عروة على وادي العقيق عند حساب الجريان.

---

(1) اعتمدت دراسة التوزيع الفصلي والشهري على بيانات محطات المدينة ممثلة للقطاع الأدنى للحوض، بئر الماشي ممثلة للقطاع الأوسط للحوض، محطة أم البرك ممثلة للقطاع الأعلى للحوض، بينما اعتمدت خريطة توزيع المطر بحوض التصريف على بيانات محطات (المدينة المنورة، ينبع، مستورة، الصويدرة، بير الماشي، أم البرك).

ومن خلال دراسة جدول (3) وشكل (7) يتضح أن الأمطار على حوض وادي العقيق تتسم بالخصائص التالية :

- تتراوح كمية المطر السنوي بين 41.6 ، 50.8 ملم ويلاحظ بصفة عامة أن الأمطار تزيد بالاتجاه صوب الغرب والجنوب الغربي.
- يختلف التوزيع الفصلي للأمطار داخل حوض التصريف ففي حين يتسم الحوض الأدنى بتركزها خلال فصلي الشتاء والربيع يتسم الحوض الأعلى وخاصة الأجزاء الجنوبية الغربية للحوض بتركز المطر خلال فصول الخريف والشتاء والربيع، أما القطاع الأوسط للحوض فتتركز أمطاره خلال فصلي الشتاء والربيع.
- يتسم الحوض بندرة الأمطار خلال فصل الصيف في قطاعاته الثلاثة، ويعتبر شهر أبريل أعلى الشهور مطرا على قطاعات الحوض الثلاثة، بينما تعد شهور يونيو ويوليو وأغسطس أقل الشهور مطرا.
- يسقط على حوض التصريف نوعان من المطر هما :

- المطر الإعصاري، وهو المطر الذي يسقط بسبب مرور المنخفضات الجوية (الأعاصير) وتسقط أغلب هذه الأمطار خلال فصل الشتاء .
- المطر التصاعدي، ويرتبط هذا النوع من الأمطار بحالات عدم الاستقرار المرتبطة بتسخين الهواء وصعوده وتكوين سحب المزن الركامي (طلبة، ص 132) ثم سقوط الأمطار وهذه الأمطار يسقط أغلبها خلال فصل الربيع، ولابد من الإشارة إلى أن التضاريس تلعب دورا مهما في توزيع المطر على حوض التصريف إذ تتلقى الروافد الغربية كميات أكبر من الأمطار نتيجة لارتفاع مناسيب سطح الأرض.

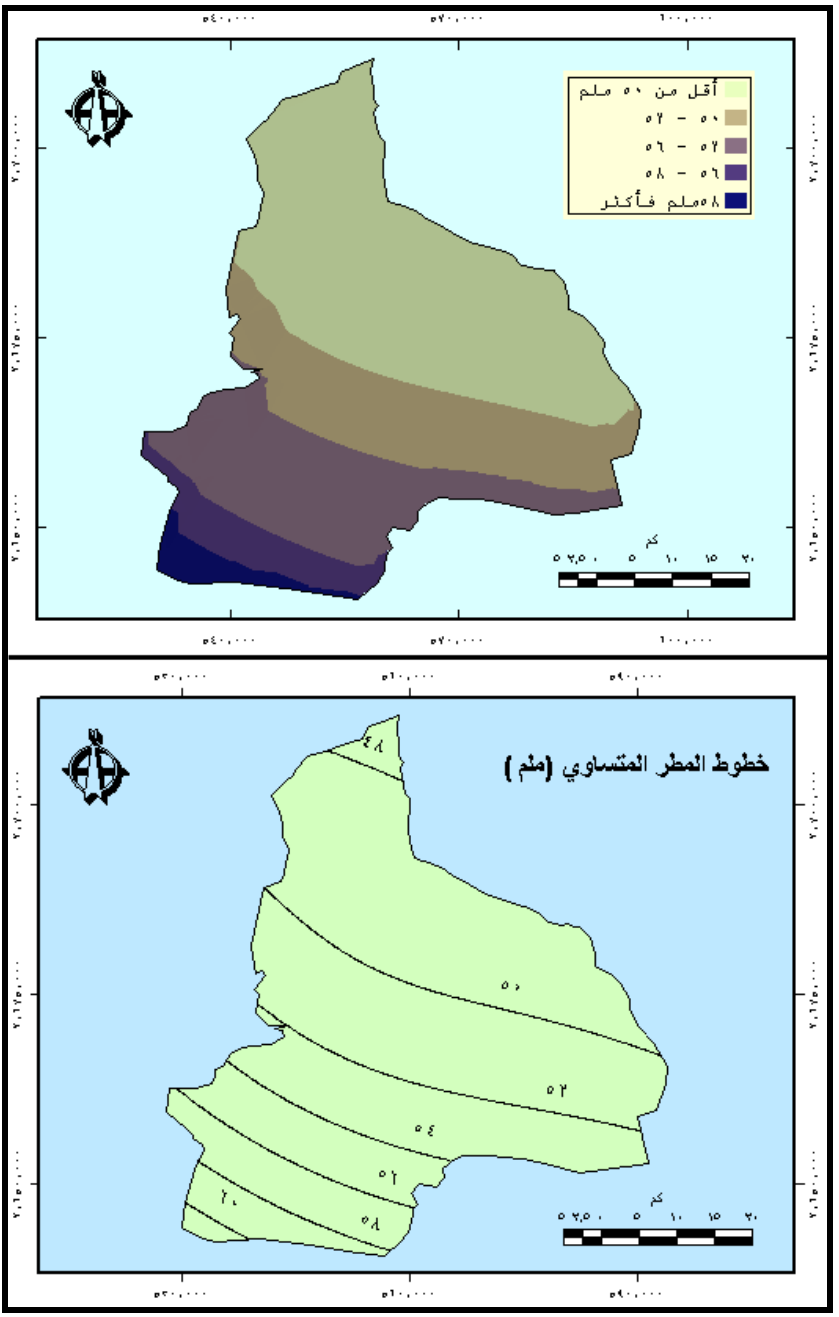
- يسقط المطر على حوض التصريف في فترات زمنية محدودة ولذلك فإن أعلى كمية مطر سقطت قد تكون مؤشرا على فاعلية المطر خاصة وأن هذه الكمية تسقط غالبا خلال ساعات معدودة، ومن ثم تؤدي إلى حدوث الجريان، وقد اعتمد الباحث على بيانات المطر بمحطة المدينة المنورة[1]، ويوضح الجدول رقم (4) والشكل رقم (3) أعلى كمية مطر سقطت خلال الفترة من 1970 – 1994م.

---

(1) لا تتوفر بيانات عن المحطات الأخرى.

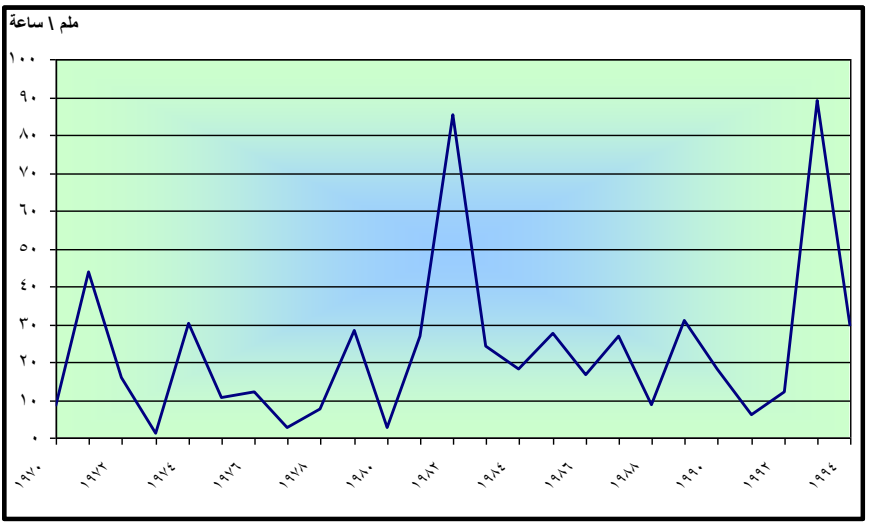
جدول (3) : التوزيع الشهري والفصلي للمطر في حوض وادي العقيق.

الشهر	أم البرك		المدينة المنورة		بئر الماشي	
	كمية المطر (مم)	النسبة المئوية	كمية المطر (مم)	النسبة المئوية	كمية المطر (مم)	النسبة المئوية
يناير	7.7	17.78	5.2	8.84	6.2	14.59
فبراير	2	4.62	2.6	4.42	0.9	2.12
مارس	4.4	10.16	12	20.41	6.9	16.24
ابريل	9.4	21.71	16.3	27.72	6.8	16.00
مايو	0.4	0.92	5.1	8.67	5.9	13.88
يونيو	0	0.00	0.6	1.02	0.3	0.71
يوليو	0	0.00	0	0.00	0.8	1.88
أغسطس	2.4	5.54	0.8	1.36	0.9	2.12
سبتمبر	0.8	1.85	0.3	0.51	1.1	2.59
أكتوبر	2.1	4.85	2.9	4.93	2.2	5.18
نوفمبر	6.7	15.47	7.5	12.76	4.9	11.53
ديسمبر	7.4	17.09	5.5	9.35	5.6	13.18
المجموع	43.3	100	58.8	100	42.5	100
التوزيع الفصلي						
الشتاء	17.4	40.18	13.3	22.62	12.7	29.88
الربيع	14	32.33	33.5	56.97	19.6	46.12
الصيف	2.4	5.54	1.5	2.55	1.9	4.47
الخريف	9.5	21.94	10.7	18.20	8.2	19.29
المجموع	43.3	100	59	100	42.4	100



خريطة (7) : توزيع المطر بحوض وادى العقيق.

جدول (4)



الفترة 1970– 1994. خلال التصريف بحوض سقطت مطر كمية **شكل (3)** : أعلى

رابعاً: معدل وحجم التساقط على حوض التصريف :

لحساب معدل وحجم التساقط على حوض وادي العقيق استخدمت تقنية نظم المعلومات الجغرافية[1] وقد اتبعت الخطوات التالية :

1- استخدام المحطات المناخية المذكورة سابقا وتغذية البرنامج بمعدلات الأمطار السنوية بكل محطة.

2- تم الحصول على خطوط المطر المتساوي للمحطات المستخدمة Interpolate باستخدام أمر على مساحة تفوق مساحة حوض التصريف.

3- للحصول على خطوط المطر المتساوي داخل الحوض فقط وذلك لأن Intersect استخدام أمر المحطات الداخلة في عملية التحليل تقع أغلبها خارج حوض التصريف مما أدى لامتداد خطوط المطر المتساوي خارج حدود الحوض .

4- From Polylines تحويل خطوط التساوي إلى مساحات كل مساحة تنحصر بين خطي تساوي to Polygons .

5- الحصول على متوسط المطر لكل مساحة محصورة بين خطي تساوي عن طريق الحصول على متوسط خطي المطر المتساوي، فمثلا المساحة المحصورة بين خطي مطر 50 ، 55 ملم يكون متوسط المطر بها 52.5 ملم ... وهكذا لبقية المساحات.

---

(1) تم استخدام برنامج Arcgis9 وملحقاته Spatial Analysis ، 3D Analysis

6- الحصول على مجموع المطر السنوي داخل كل مساحة بضرب مساحة المنطقة في متوسط المطر بها.

7- الحصول على إجمالي المطر على حوض التصريف بجمع الكميات المحصورة بين خطوط التساوي.

8- الحصول على معدل المطر السنوي على حوض التصريف عن طريق قسمة إجمالي المطر بحوض التصريف على إجمالي مساحة الحوض .

وبذلك من الممكن صياغة متوسط إجمالى المطر على حوض وادي العقيق في العلاقة التالية :

$$R_m = R_b/A$$

تمثل معدل المطر السنوي (بالمليمتر)R_m حيث

تمثل إجمالي المطر على حوض التصريف (بالمليمتر)R_b

تمثل مساحة حوض التصريف (بالكم^2)A

جدول (5) : متوسط مجموع المطر السنوى على حوض وادي العقيق.

أقسام الحوض	متوسط مجموع المطر (ملم)	المساحة كم2	إجمالي التساقط (متر3)	نسبة المساحة %	نسبة التساقط %
حوض العقيق الأدنى	49	814.164	39894.04	32.59	30.78
	47	38.641	1816.13	1.55	1.4
إجمالي حوض العقيق الأدنى	48.91	852.805	41710.17	34.14	32.19
حوض العقيق الأوسط	51	676.405	34496.65	27.08	26.62
حوض العقيق الأعلى	61	19.358	1180.84	0.77	0.91
	59	104.841	6185.62	4.2	4.77
	57	200.919	11452.38	8.04	8.84
	55	228.995	12594.73	9.17	9.72
	53	414.517	21969.4	16.6	16.95
إجمالي حوض العقيق الأعلى	55.11	968.63	53382.97	38.78	41.19
حوض العقيق	51.88	2497.84	129589.8	100	100

ويتضح من الجدول رقم (5) والخريطة رقم (7) ما يلي :

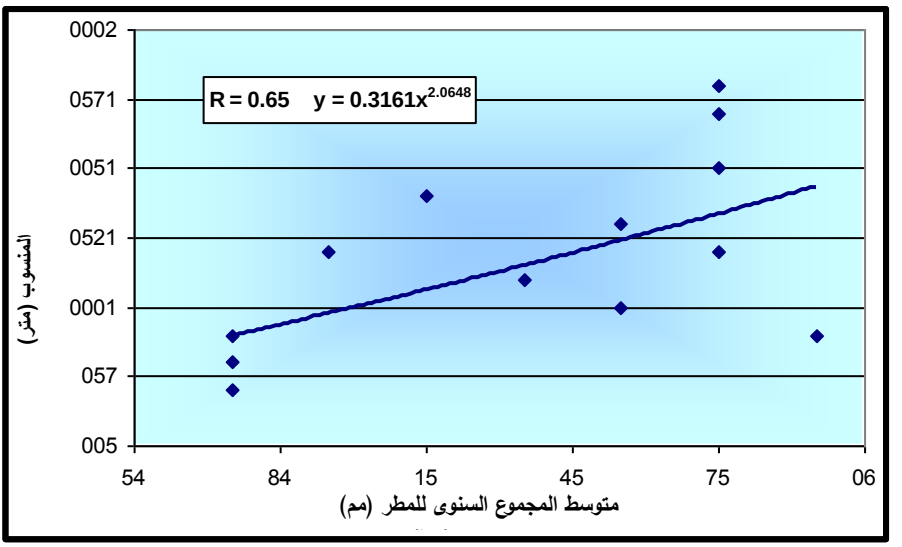
- بلغ متوسط مجموع التساقط على حوض التصريف نحو 51.88 ملم /سنويا في حين بلغ إجمالي التساقط نحو 129.5 مليون متر3 سنويا.
- بلغ معدل التساقط على حوض العقيق الأعلى نحو 55 ملم سنويا وبلغ إجمالي التساقط نحو 53.4 مليون متر3 سنويا بنسبة 41% من حجم التساقط على حوض التصريف.
- بلغ معدل التساقط على حوض العقيق الأوسط نحو 51 ملم/سنويا وبلغ إجمالي التساقط نحو 34 مليون متر3 سنويا بنسبة 26% من إجمالي حجم التساقط، أي أن إجمالي ما يسقط على كل من حوضي العقيق الأعلى والأوسط يبلغ نحو 67% وهو ما يعادل أكثر من ثلثي كمية التساقط على حوض التصريف .
- بلغ معدل التساقط على حوض العقيق الأدنى نحو 49 ملم/سنويا وبلغ إجمالي التساقط نحو 41 مليون متر3 سنويا بنسبة 32% أي نحو ثلث ما يسقط على كل أرجاء الحوض.
- تبين أيضا أن معدل التساقط يتناقص بالاتجاه من المنبع إلى المصب إذ تتلقى مناطق المنابع أو الأحباس العليا وخاصة الغربية معدلات تساقط أكبر ومن ثم جريان وكمية مياه أكبر من الأحباس الوسطى والدنيا للحوض.

جدول (6) : العلاقة بين المنسوب والمطر بحوض وادي العقيق.

المنسوب (متر)	متوسط المطر (ملم)	المنسوب (متر)	متوسط المطر (ملم)	المنسوب (متر)	متوسط المطر (ملم)
600	47	1000	51	1200	61
700	47	1000	53	1300	49
700	49	1000	55	1300	51
700	51	1000	57	1300	53
800	47	1000	59	1300	55
800	49	1100	49	1300	57
800	51	1100	51	1300	59
800	53	1100	53	1300	61
900	47	1100	55	1400	51
900	49	1100	57	1400	57
900	51	1200	49	1400	59
900	53	1200	51	1400	61
900	55	1200	53	1500	57
900	57	1200	55	1500	61
900	59	1200	57	1600	57
1000	49	1200	59	1700	57
				1800	57

وقد قام الباحث بدراسة العلاقة بين المنسوب ومتوسط مجموع المطر باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية إذ تم حساب كمية المطر حسب المنسوب، وجاءت النتيجة في جدول (6) وشكل (4) حيث تبين ما يلي :

- جاءت العلاقة طردية قوية نوعا ما بين المنسوب والمطر إذ بلغ معامل الارتباط نحو 0.65 .
- اتضح أيضا أن المطر يزيد بالارتفاع بصفة عامة ولكن الفحص الدقيق للأرقام أوضح أنه عند نقطة معينة تبدأ العلاقة بين المطر والارتفاع تأخذ شكلاً عكسياً، فعلى حين بلغ معدل المطر 61 ملم عند منسوب 1200 متر، فإن المطر بلغ نحو 57 ملم عند منسوب 1800 متر، وقد جاءت العلاقة بين المنسوب والمطر عكسية أيضا عند المناسيب العليا في دراسة كل من ارمسترونج وستيد عن بعض أودية جبال سيرانيفادا في صحراء كاليفورنيا، إذ بدأ المطر في الانخفاض عند الوصول لمنسوب 1100 مترا (Armstrong & Stidd, P. 262)، وقد حاول جراف تفسير تغير العلاقة بين المنسوب والمطر من علاقة طردية قوية إلى علاقة عكسية في المناسيب العليا بأنه عند منسوب معين (لم يحدده) يبدأ الهواء في التخلص من أغلب حمولته من بخار الماء وتسود ظروف الجفاف فوق هذا المنسوب (Graf, P. 70).



العقيق. وادي بحوض والمطر المنسوب بين **شكل (4)** : العلاقة

خامساً : الفواقد :

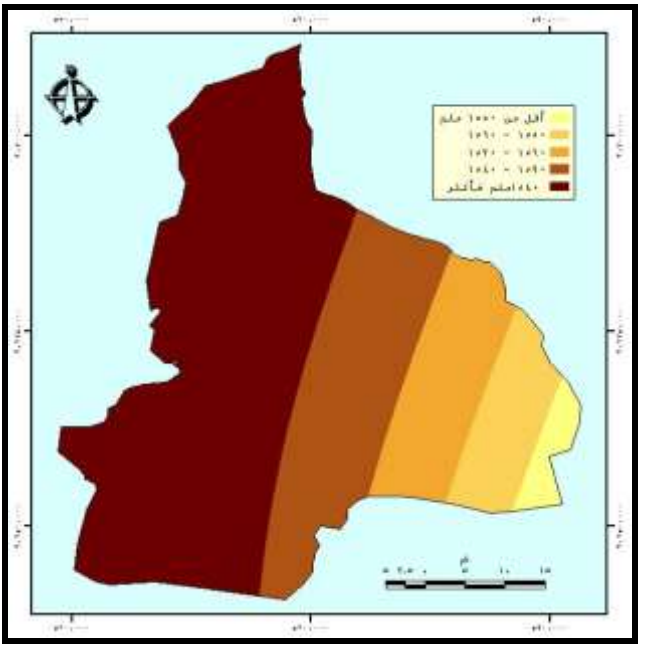
يمثل التبخر والتسرب أهم فواقد المطر في الأراضي الجافة إذ تتعرض الأمطار التي تسقط على أحواض التصريف بالمناطق الجافة للهدر ونادرا ما يستمر التدفق بسبب فواقد التبخر والتسرب، كذلك تتأثر قمة الجريان وإجمالي التصرف، وقد أكدت أغلب الدراسات أن حوالي 29% من حجم الجريان يضيع بفعل التسرب فقط (Graf, P. 95.).

وسنتناول فواقد التبخر والتسرب في حوض وادي العقيق مع الإشارة إلى أن دراسة التبخر اعتمدت على بيانات التبخر الفعلية Actual Evaporation، (الجراش، ص ص 167–170) وكذلك على بيانات التبخر الكامن Potential Evaporation.

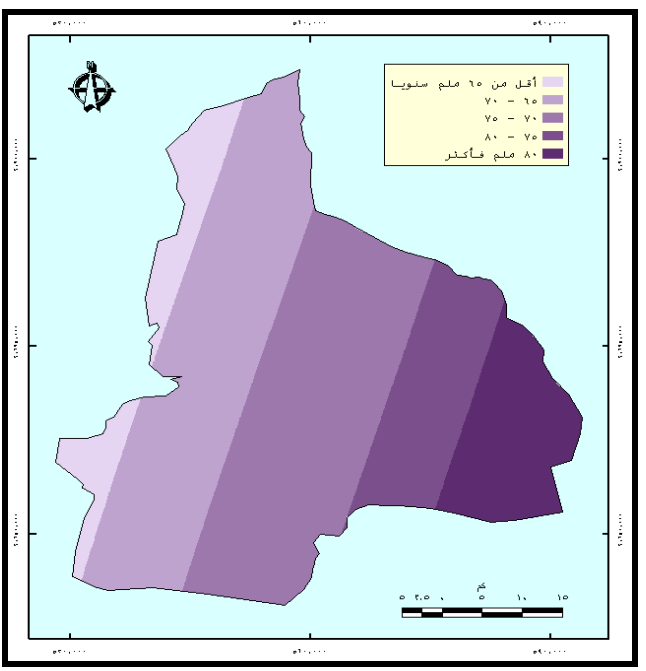
فبالنسبة للتبخر الكامن الذي يمثل مؤشرا على احتمالية حدوث التبخر فقد تراوحت معدلات التبخر السنوي بين 1540 ، 1580 ملم بمعدل سنوي يبلغ 1578 ملم ، وتزداد معدلات التبخر الكامن في الأجزاء الغربية للحوض إذ تزيد على 1570 ملم بينما تنخفض في الأجزاء الشرقية لتصل إلى نحو 1540 ملم (خريطة 8)، وبلغت جملة ما يمكن أن يفقد بالتبخر نحو 3942 مليون متر3، وهذا الرقم يفوق إجمالي كمية المطر التي تسقط على الحوض – بلغت كما اشرنا سلفا بنحو 129 مليون متر3 – بنحو 30 مرة.

وبالرغم من ارتفاع معدلات التبخر الكامن بحوض التصريف إلا أنها غير ذات تأثير كبير وذلك لأن طبيعة الأمطار في الأقاليم الجافة تقلل من أثر التبخر، إذ تسقط الأمطار عادة في فترة زمنية قصيرة في صورة وابل وعلى مساحات صغيرة مما يؤدي بدوره لتقليل فواقد التبخر وبالتالى حدوث الجريان السطحى.

ولذلك فإن معدلات التبخر الفعلية تكون أكثر مصداقية خاصة إذا تم حسابها أثناء فترة هطول الأمطار، وبدراسة معدلات التبخر الفعلية السنوية تبين أنها تتراوح بين 60 ، 90 ملم تقريبا بمتوسط نحو 72 ملم، أي أن معدلات التبخر الكامن تفوق معدلات التبخر الفعلية بنحو 22 مرة، وتزداد معدلات التبخر الفعلية في الأجزاء الشرقية للحوض وتقل بالاتجاه غربا (خريطة 9)، وربما يكون التبخر الفعلي قد تأثر بالمنسوب إذ تتسم الأجزاء الغربية للحوض بالارتفاع وشدة الانحدار مما يساعد على سرعة جريان الماء ومن ثم تقليل كمية المياه المفقودة بالتبخر، بينما تتسم الأجزاء الشرقية بانخفاض المنسوب وقلة الانحدار مما يساعد على بقاء المياه على السطح فترات زمنية طويلة مما يؤدي لزيادة معدلات التبخر.



خريطة (8) : معدل التبخر السنوى الكامن لحوض وادى العقيق.



خريطة (9) : معدل التبخر الفعلى السنوى بحوض وادى العقيق.

ومن خلال دراسة معدلات التبخر الفعلي خلال شهر يناير فقد تبين أنها تتراوح بين 9، 10.5 ملم بمتوسط 9.8 ملم، ويبلغ إجمالي المياه التي تتعرض للتبخر خلال شهر يناير نحو 24 مليون متر3 (خريطة 10).

ومن الطبيعي أن تزيد معدلات التبخر في الأجزاء الغربية للحوض حيث تتلقى أكبر كمية من الأمطار ، وعلى الرغم من نشاط التبخر الفعلي خلال هذه الفترة إلا أنه لا يؤثر تأثيرا كبيرا على عملية الجريان وذلك بسبب تركز الهطول في فترة زمنية قصيرة قد لا تزيد على سويعات قليلة، هذا

بالإضافة إلى أن جزءاً من مياه الأمطار يتعرض للتسرب وخاصة في رواسب قيعان الأودية والتربة المسامية، ومن ثم ينجو جزء كبير من مياه الأمطار من الضياع بفعل التبخر، وينبغي الإشارة أيضا إلى أنه لا توجد بيانات عن التبخر في فترة سقوط الأمطار وهى الفترة المؤثرة في عملية الجريان.

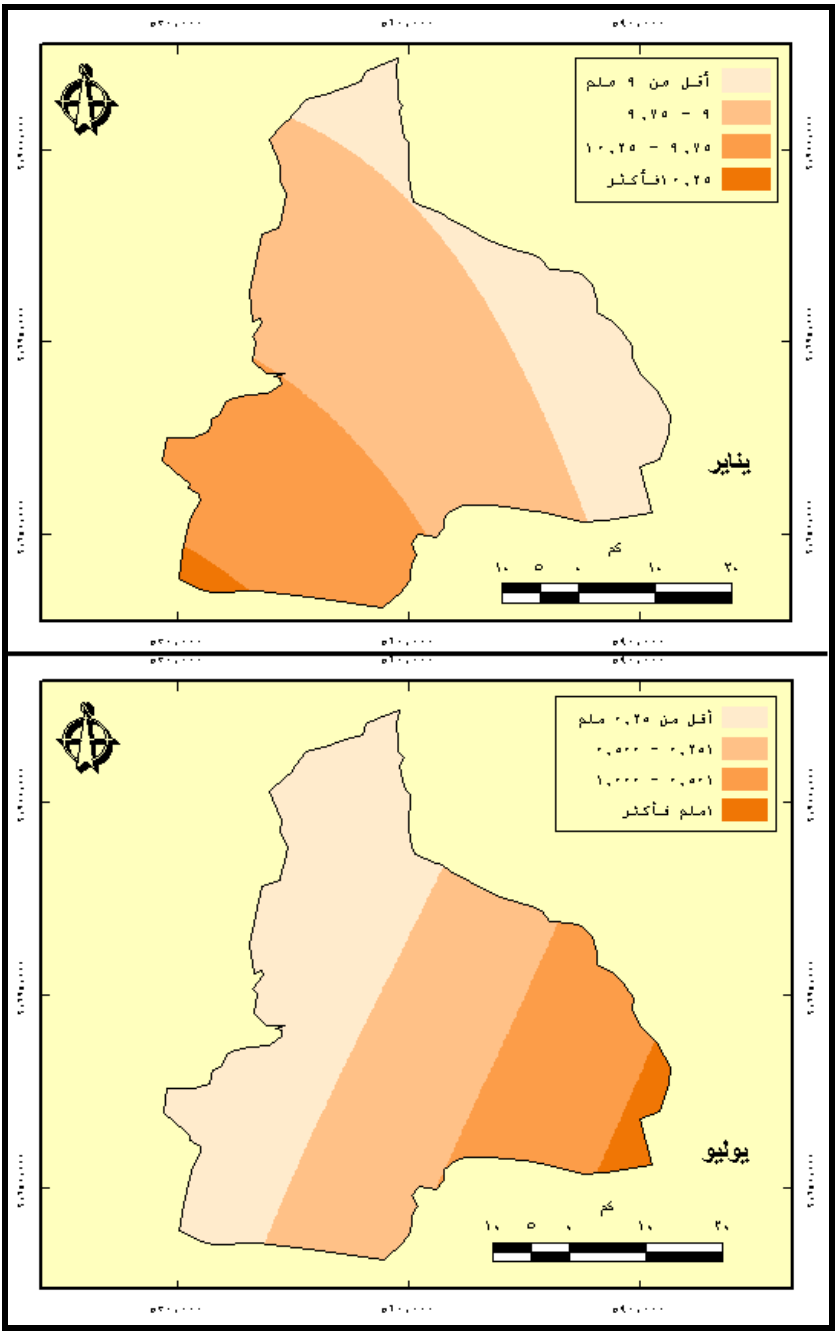
وبدراسة معدلات التبخر الفعلي خلال شهر يوليو (خريطة 10)، اتضح أنها تتراوح بين 0.1 ، 1.1 ملم، وهى قيم ضئيلة للغاية وذلك بسبب ندرة الأمطار خلال هذه الفترة، وترتفع معدلات التبخر خلال هذا الشهر في الروافد الشرقية والجنوبية الشرقية للحوض، وقد يكون لبعض البحيرات الصغيرة والمنتشرة في هذه المناطق أثرها في زيادة معدلات التبخر الفعلي، أما الأجزاء الغربية فيكاد التبخر الفعلي أن ينعدم فوقها، حيث تكون الأمطار شحيحة للغاية خلال هذه الفترة من السنة.

أ) فواقد التسرب بحوض وادي العقيق :

تتأثر فواقد التسرب بعدة عوامل أهمها نوع التربة ودرجة الانحدار ومدة بقاء المياه على السطح وكذلك على الفترة الزمنية التي تستغرقها العاصفة المطيرة، إلا أن نوع التربة وخصائص الصخر يعدان من أهم العوامل المؤثرة على التسرب، ومن المعلوم أن الجريان لا يتولد إلا عندما تصل التربة لحالة التشبع وبعد ذلك تصبح أية كمية من المطر موجهة للجريان.

وفي حوض وادي العقيق ينبغي أن نشير إلى أن أغلب الأمطار تسقط على الأجزاء الجبلية والتي تتسم بأنها عارية من التربة وتتألف من الصخور الصلبة ومن ثم تقل بها درجة النفاذية Permeability ، كما تتميز بارتفاع درجات الانحدار، وهذه العوامل بلا شك تسهم في سرعة تولد الجريان في الروافد الغربية للحوض.

وتمثل المناطق هينة الانحدار وكذلك المناطق التي تتألف من مواد مفككة زيادة في معدلات التسرب ويحدث ذلك في شرقي الحوض، كما تمثل قيعان الأودية منفذا مهما لتسرب المياه خاصة وأنها تتألف من رواسب خشنة ومتوسطة الحجم وترتفع درجة مساميتها Porosity.



خريطة (10) : معدل التبخر الفعلى خلال شهرى يناير ويوليو بحوض العقيق.

وعلى الرغم من أن هذه المياه تعتبر من الفواقد إلا أن لها أثاراً ايجابية على النباتات التي تنمو ببطون الأودية (صورة 3)، كما أنها تسهم في ارتفاع منسوب المياه تحت السطحية والتي تمثل مصدرا مهما من مصادر المياه بحوض وادي العقيق.

ويقوم الإنسان في بعض الأحيان بدور سلبي يتمثل في إزالة الغطاء النباتي والرعي الجائر مما يؤدي بدوره إلى تفكك التربة وحينئذ ترتفع معدلات التسرب، والمهم أن ذلك يؤدي إلى تناقص احتمالية نشوء الجريان (صالح، ص 23).

حساب معدلات التسرب :

قام الباحث بحساب معدلات التسرب في حوض التصريف بناءا على طريقة (Waltz, Waltz, P. 260)، والتي بنيت على أساس حساب طاقة التسرب حسب نوع الصخور والرواسب السطحية، وجاءت النتائج كما يوضحها جدول (7)، حيث بلغ ما يمكن أن يفقده حوض وادي العقيق بفعل التسرب نحو 397 مليار متر3 سنويا بمعدل يومي يبلغ 1.1 مليار متر3، ويظهر ذلك أن إجمالي ما يمكن أن يفقد داخل الحوض بالتسرب يفوق مئات المرات مقدار ما يسقط من أمطار، وتشير هذه الكمية الضخمة أيضا إلى حالة الجفاف العامة التي تصيب حوض العقيق والتى تنعكس على جفاف الرواسب السطحية.

- تشكل التكوينات النارية نحو 78% من مساحة الحوض وتتألف بصورة رئيسية من البازلت والجابرو والجرانيت والجرانوديوريت، وتتسم هذه الصخور بانخفاض طاقة التسرب نتيجة لانخفاض مساميتها ونفاذيتها، وتبلغ الطاقة التسريبية لهذه التكوينات (0.0000001) قدم2 طبقا لما أورده والتز، ومن ثم فإن كمية المياه المتسربة من هذه التكوينات تبلغ /يوم/جالون 3.5 ألف متر3 سنويا، وهذه كمية بالفعل ضئيلة، وإذا أضفنا إليها أن هذه التكوينات يقع أغلبها في غربي الحوض الذي يتلقى أكبر كمية من المطر ويتسم بزيادة معدلات الانحدار، فيمكننا القول أن التسرب لا يمثل عائقا كبيرا أمام حدوث الجريان في وادي العقيق.
- تغطي رواسب المراوح الفيضية وأقدام المنحدرات نحو 8.4% من مساحة حوض التصريف وتبلغ نسبة التسرب نحو 9.4%.

ونخلص من ذلك إلى أن أغلب المياه التي تسقط على حوض وادي العقيق لا تتعرض للهدر بصورة كبيرة سواء بفعل التبخر أو التسرب، ومن ثم فإن نسبة كبيرة من المياه تصل بالفعل إلى المجرى الرئيسي ،ويضيع جزء كبير من المياه في قيعان الأودية بالتسرب، ولكن ذلك يتوقف بالطبع على حجم العاصفة المطيرة والمساحة التي تغطيها والمدة الزمنية التي يستغرقها سقوط المطر.

سادسا : الجريان السطحي في حوض وادي العقيق :

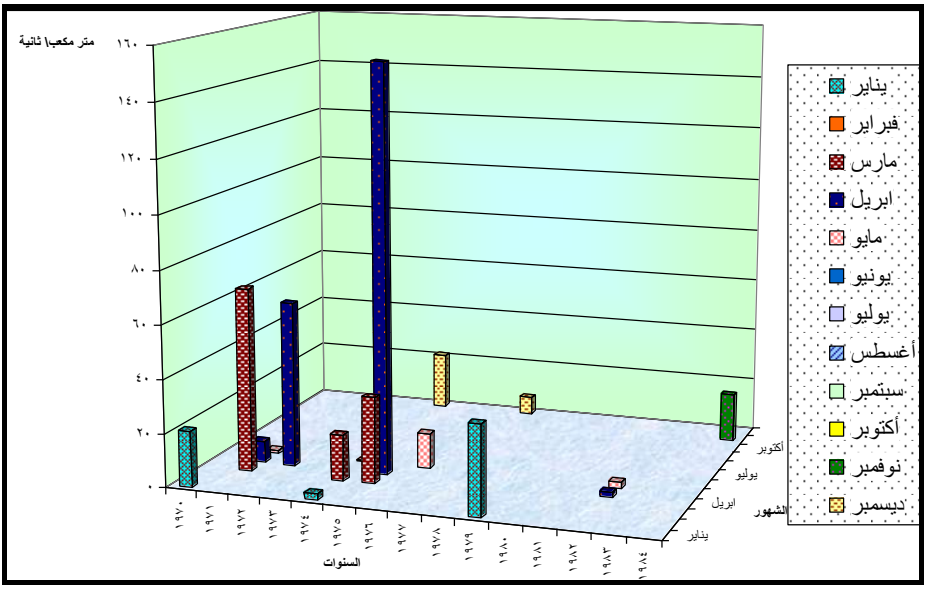
تمثل مشكلة قلة البيانات وكذلك درجة مصداقيتها –في حال وجودها–أهم المشكلات التي تواجه الباحثين في مجال دراسة الأودية الجافة على وجه العموم ودراسة الجريان على وجه الخصوص، ويعول الكثير على تطبيق معادلات نظرية بحتة لحساب الجريان تعتمد على متغيرات الحوض الأخرى مثل المساحة أو الطول أو الانحدار ..... وهكذا، وقد آثرت الدراسة الحالية الاعتماد على بيانات تسجيل السيول عند سد عروة على المجرى الرئيسي لوادي العقيق (صورة 4)،

ويبعد السد عن نقطة المصب بنحو 9 كم، ولا يرفد الوادي بعد سد عروة أي روافد كبيرة باتجاه المصب مما يمكننا من اعتباره مجازا مصب وادي العقيق، ويتضح من خلال جدول (7) وشكل (5) ما يلي :

جدول (7) : الجريان في وادي العقيق حسب شهور السنة للفترة 1970–1984.

شهور السنة	عدد مرات الجريان	أكبر جريان متر مكعب/ثانية	أقل جريان	متوسط التصرف متر3/ثانية	تاريخ أكبر جريان
يناير	1	33.8	2.6	19	1970
فبراير	0	0	0		0
مارس	3	69	17.4	39.6	1971
ابريل	4	152	2	56.15	1975
مايو	4	13.3	0.6	4.325	1976
يونيو	0	0	0		0
يوليو	0	0	0		0
أغسطس	0	0	0		0
سبتمبر	0	0	0		0
أكتوبر	0	0	0		0
نوفمبر	1	18.3	18.3		1984
ديسمبر	2	21.3	2	14	1974

- تم تسجيل الجريان لفترة 15 سنة وذلك للفترة من 1970 وحتى 1984، وهى فترة قصيرة – حسب البيانات المتاحة – ولكنها على أية حال تعطي مؤشرا مهما على الجريان بوادي العقيق بصفة عامة .
- انحصر الجريان بالوادي خلال شهور (يناير – مارس–ابريل–مايو – نوفمبر – ديسمبر)، بينما خلت بقية شهور السنة من أي جريان.
- تميز شهرا أبريل ومايو بأنهما أكثر الشهور تكرارا لحدوث الجريان، إذ حدث الجريان أربع مرات فى كلٍ منهما على حده خلال هذه الفترة بمعدل سيل واحد لكل 3.75 سنة، ويأتي شهرا يناير ومارس في المرتبة الثانية من حيث تكرارية الجريان بمعدل سيل واحد لكل 5 سنوات، بينما كان شهر نوفمبر أقل الشهور تكرارا للجريان إذ لم يحدث الجريان سوى مرة واحدة خلال الفترة المذكورة.
- ثانية، يليه شهر مارس ثم شهر يناير./سجل شهر ابريل أعلى معدل تصرف بمتوسط 56 متر^3
- حدث أكبر جريان خلال هذه الفترة في شهر ابريل عام 1975، إذ بلغ معدل التصرف نحو ثانية./152 متر3



شكل (5) : سيول وادي العقيق حسب شهور السنة خلال الفترة 1970 – 1984م.

(شكل 6)، إلى أن الجريان بوادي العقيق يتركز خلال Hydrographويشير منحنى التصرف الفترة من مارس إلى ابريل مع وجود بعض الجريان خلال شهري ديسمبر ويناير، أما بقية شهور السنة فإن منحنى التصرف يكون صفرا ، وقد اعتمدت هذه الملاحظات على الفترة المذكورة سابقا، ولكن ينبغي أن نشير إلى أن وادي العقيق شأنه شأن بقية أودية المناطق الجافة قد يخلو من الجريان لعدة سنوات من الأمور Perennial Channelمتتالية، وإذا كان التنبؤ بحجم الجريان في الأنهار دائمة الجريان الصعبة بسبب تداخل العوامل المؤثرة على حدوث الجريان مثل العوامل الجيولوجية والمناخية والهيدرولوجية (الحسيني، ص 246)، فإنه من الأصعب أيضا التنبؤ بحدوث السيول في أودية المناطق الجافة بسبب العوامل السابقة وبسبب قلة البيانات ودرجة مصداقيتها.

فقد قسمت السيول خلال الفترة Return Intervalولدراسة العلاقة بين الجريان وفترة التكرار المذكورة بحسب أحجام تصرفها ورتبت ترتيبا تنازليا وتم حساب فترة التكرار لكل سيل من هذه السيول[1] من خلال العلاقة التالية :

$$R_i = (N+1)/m \quad \text{أو} \quad R_i = (N+1)\,(m^{-1})$$

تمثل فترة العودة لأي سيل،Ri حيث

تمثل رتبة السيل.m تمثل الفترة الزمنية، N

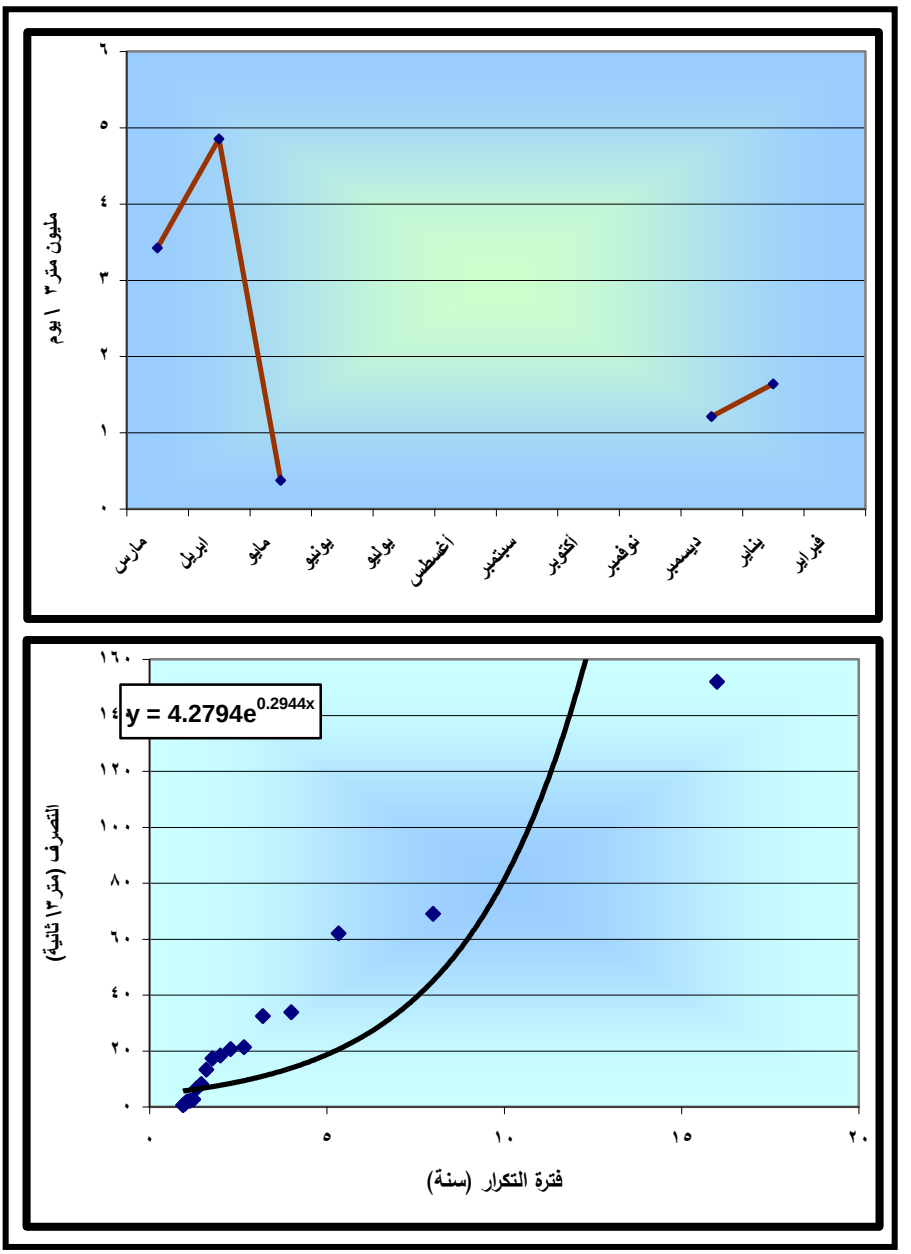
جدول (8) : فترات العودة للسيول بوادي العقيق.

حجم السيل (متر3/ثانية)	الرتبة	فترة العودة (سنة)	حجم السيل (متر3/ثانية)	الرتبة	فترة العود (سنة)
152	1	16	13.3	10	1.6
69	2	8	8.1	11	1.45
62	3	5.33	6.7	12	1.33
33.8	4	4	2.6	13	1.23

1.14	14	2.2	3.2	5	32.4
1.07	15	2	2.67	6	21.3
1	16	1.2	2.29	7	20.6
0.94	17	0.6	2	8	18.3
			1.78	9	17.3

—

كثير من الباحثين ذكروا بأن أي جريان في الأودية الجافة يسمى سيل.



العقيق. بوادى التكرار وفترة الجريان بين والعلاقة التصرف **شكل (6)** : منحنى

وعلى الرغم من قصر فترة البيانات (15 سنة فقط) فقد اتضح من خلال جدول (8) وشكل (6) ما يلي :

- السيول الضخمة (التصرف أكثر من 100 متر3/ثانية) لا تحدث إلا كل فترات زمنية متباعدة ويحدث العكس مع السيول المتوسطة (التصرف من 100 –50 متر3/ثانية) والضعيفة (التصرف أقل من 50 متر3/ثانية) تحدث كل فترات زمنية تتراوح بين 5–10 سنوات.
- يشهد وادي العقيق حدوث سيول ضخمة الحجم (على فترات زمنية طويلة) مقارنة بالأودية المناظرة له في المناطق الرطبة، ويؤكد ذلك أن منحنى العلاقة بين فترة العود والتصرف يأخذ في الارتفاع السريع.
- يختلف حجم السيل الواحد داخل الوادي نفسه، فالسيول تكون ذات أحجام صغيرة في مناطق المنابع ثم يبدأ حجم السيل في الارتفاع نتيجة لما تضيفه الروافد المختلفة، وفي حوض وادي العقيق فإن جزئه الأدنى لا يتلقى أى روافد كبيرة ولذلك تزيد نسبة الفواقد ويبدأ حجم السيل في الانخفاض حتى يصل إلى نقطة المصب.

ويمكن التقليل من هذه الفواقد عن طريق إقامة مجموعة من السدود تقام على الروافد الرئيسية لوادي العقيق لتقليل الفواقد وأيضا للتقليل من خطورة السيول، كذلك من الممكن أن تتم تكسيه جوانب المجرى الرئيسي، أو عمل قناة اصطناعية مغطاة لمنع الفواقد بفعل التبخر والتسرب.

سابعا : المياه الجوفية بحوض العقيق :

تعد المياه الجوفية من أهم مصادر المياه بالمملكة عامة وحوض العقيق على وجه الخصوص، إذ يعتمد عليها السكان بصورة كبيرة في أغراض الزراعة والشرب، بالرغم من أن الدولة تتوسع في الوقت الحالي في استخدام مياه التحلية، وتشير الدراسات إلى أن هناك هبوطاً في مناسيب المياه الجوفية ويرجع ذلك لقلة الأمطار وزيادة الاستهلاك في نفس الوقت.

وقد بدأ الاعتماد على المياه الجوفية بصورة مكثفة بدءا من عام 1355هـ (المخطط الإقليمي للمدينة المنورة، 2005، ص 68)، إذ كان الاعتماد على بعض العيون والآبار المحفورة يدويا، ثم أخذت حكومة المملكة في الاهتمام بحفر الآبار وكذلك إجراء الدراسات والمسوحات الجيولوجية للتنقيب عن المياه الجوفية.

وتتمثل المياه الجوفية بحوض وادي العقيق في :

Subterranean Water:المياه الجوفية تحت السطحية

وهى المياه التي تتسرب بعد سقوط الأمطار وجريانها في الأودية والشعاب وتتجمع هذه المياه في الطبقة السطحية وتتسم بقربها من سطح الأرض وتأثرها بكمية الأمطار، وهى عرضة للنفاد أو للانخفاض في منسوبها بسبب زيادة السحب وتذبذب الأمطار.

وتستطيع الصخور الرملية أن تختزن 20-40% من المياه بينما لا تستطيع الصخور النارية والمتحولة إلا أن تختزن 0.5% فقط ، وأغلب المياه الجوفية الموجودة بالحوض محل الدراسة في معظمها من نوع المياه الجوفية تحت السطحية وتتركز في طبقتين هما :

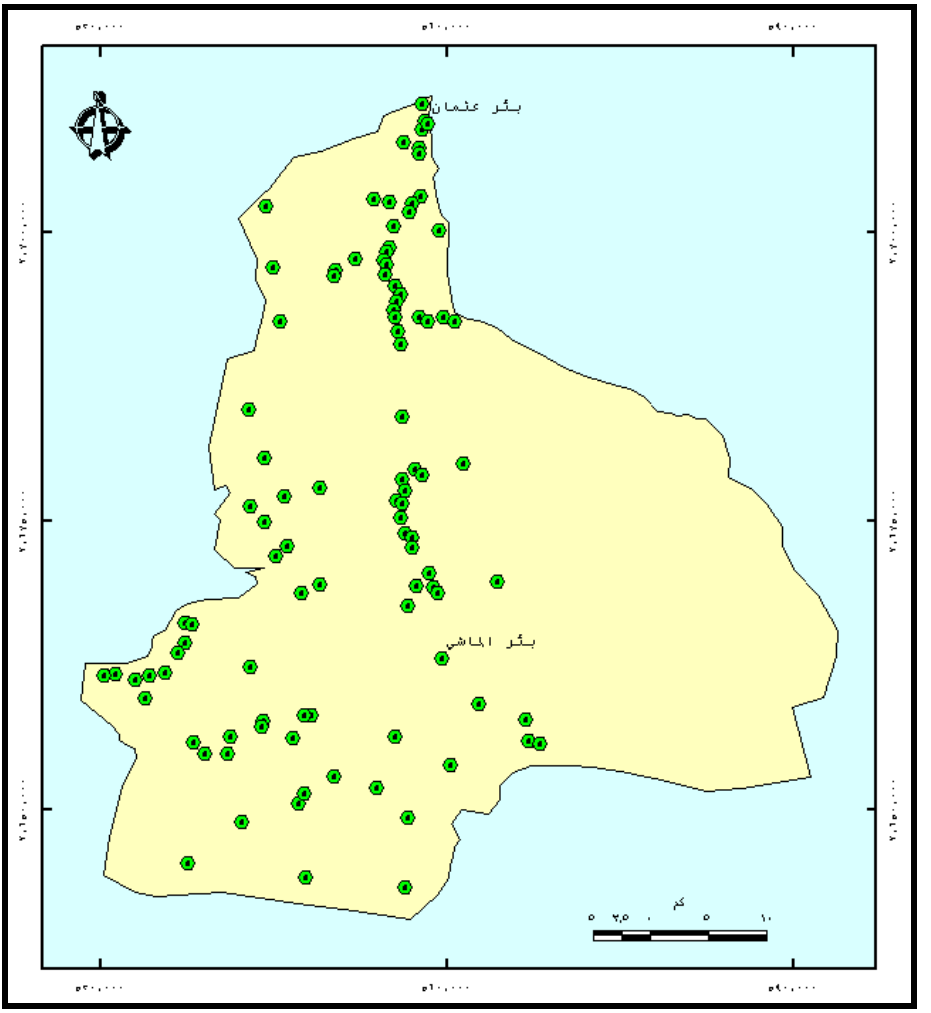
- إرسابات الأودية.
- طبقة البازلت.

وتتألف الرواسب الأولى من المفتتات الخشنة والمتوسطة والناعمة وهى تمثل خزانات مهمة للمياه الجوفية تحت السطحية ولذلك نجد أن كثيرا من الآبار المنتشرة بالحوض توجد بهذه المناطق، كما تنتشر بها الأراضي الزراعية والمزارع، وتتسم هذه المناطق بمحدودية مساحاتها بسبب قلة مساحة رواسب قيعان الأودية والشعاب، وتتأثر أيضا بذبذبات المطر، وقد تعرضت كثير من الآبار للجفاف بسبب ذلك (طلبة، ص 156).

أما صخور البازلت فتتميز بصلابتها وقلة مساميتها ولكن بسبب التبريد المفاجئ أثناء تكوينها تكونت بعض التشققات التي تمثل منفذا مهما للمياه التى تتجمع في مكامن كبرى، ولكنها تتأثر أيضا بكمية المطر ولذلك لابد من ترشيد استخدامها خاصة أن بعض الآبار الموجودة ضمن هذه التكوينات تنتج نحو 30 ألف متر3 يوميا (المخطط الإقليمي للمدينة المنورة، ص ص63 – 64).

وبالنظر لخريطة توزيع الآبار بحوض العقيق (خريطة 11)، يتبين أن عدد الآبار بالحوض قد بلغ نحو 98 بئرا، بالإضافة لعدد أخر من الآبار الصغيرة ويبلغ عددها نحو 550 بئرا، ويطلق عليها في بعض الأحيان اسم الدبول وتمثل هذه الآبار نحو 4.6% من جملة الآبار بمنطقة المدينة المنورة.

يتضح أيضا أن أغلب الآبار توجد بالأجزاء الغربية للحوض وتكاد تختفي من شرقي الحوض ويرجع ذلك لتوفر المياه تحت السطحية بكثرة في هذا الجزء نتيجة لازدياد معدلات الأمطار بها.



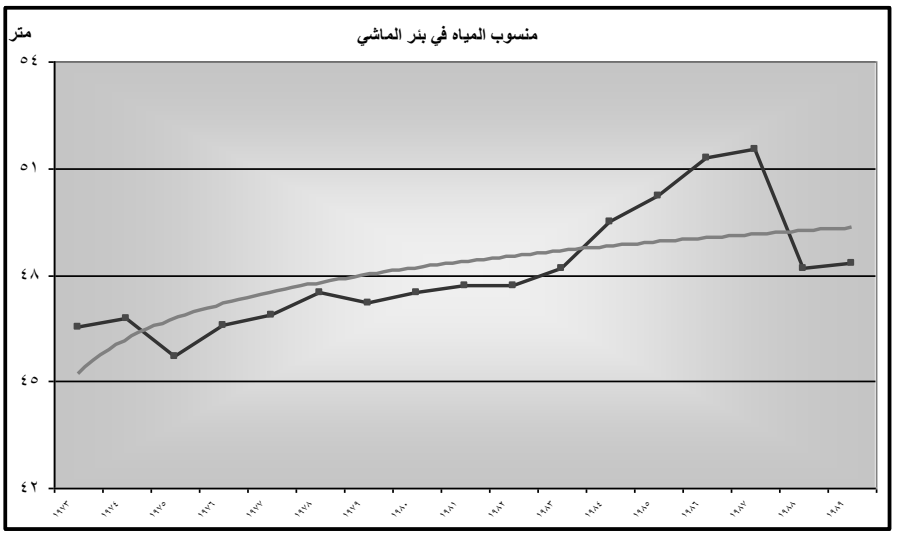
خريطة (11) : توزيع الآبار بحوض وادى العقيق.

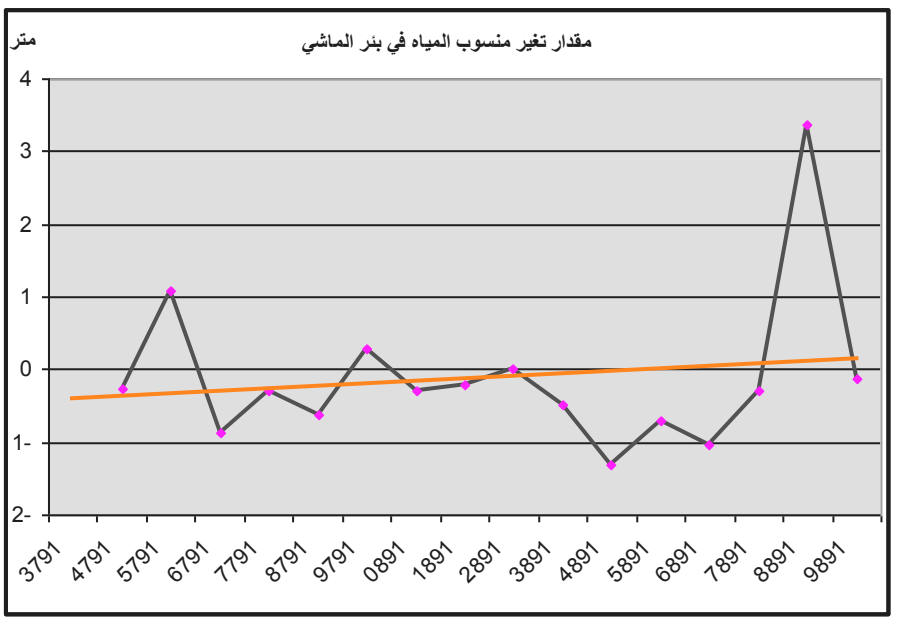
وقد تبين أيضا أن الآبار تكاد تتركز في قيعان الأودية وعند مصباتها، وقد بلغ عدد الآبار التي توجد بالمجرى الرئيسي لوادي العقيق نحو 52 بئرا بنسبة نحو 55% من إجمالي الآبار الكبرى بالحوض، كذلك تنتشر الآبار ببعض الروافد الرئيسية كوادي الريم والرياضية وملح.

ولقياس تغيرات مستوى المياه الجوفية بالحوض فقد تمت دراسة مناسيب المياه في بئري الماشي وعثمان (رومة) خلال فترات زمنية مختلفة، ويتضح من خلال جدول (9) وشكلي (7، 8) ما يلي :

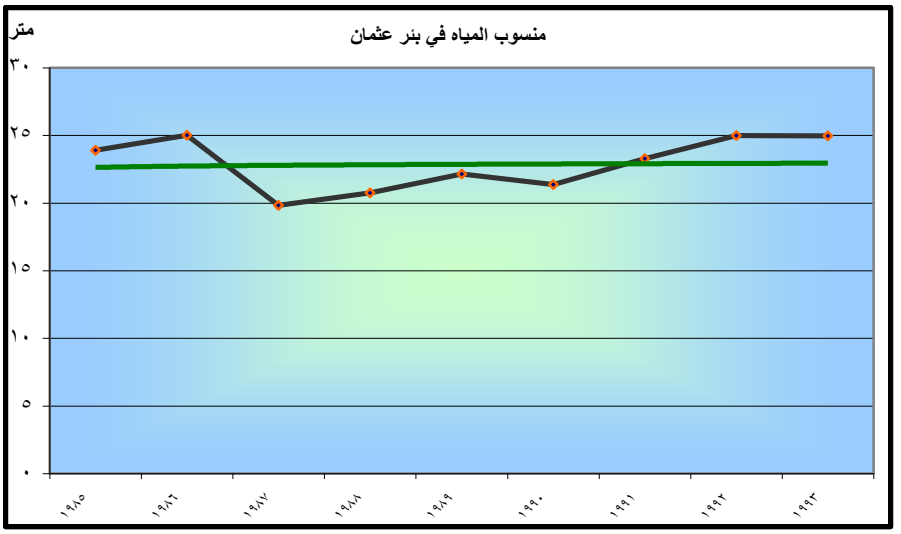
جدول (9) : تغيرات مناسيب المياه ببئري الماشي وعثمان.

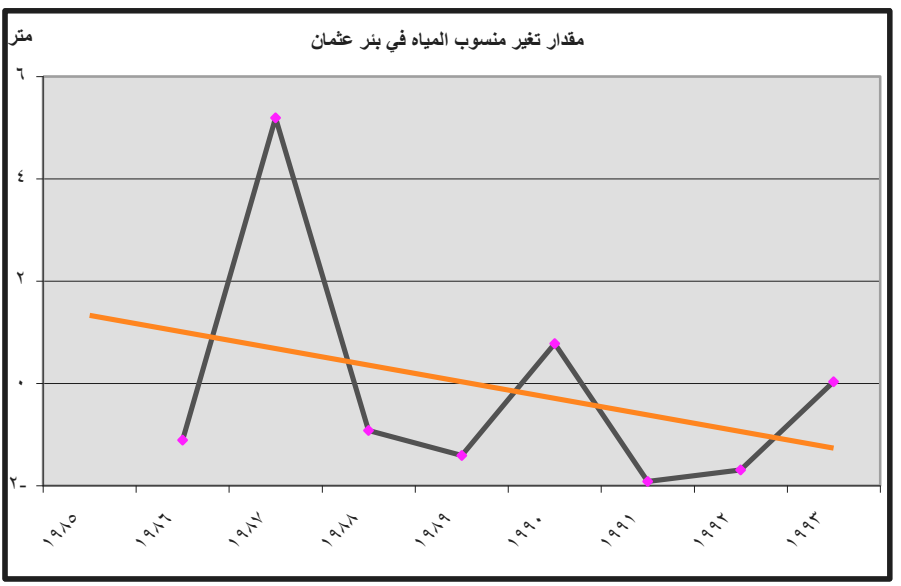
بئر الماشي			بئر عثمان		
السنة	المنسوب	مقدار التغير	السنة	المنسوب	مقدار التغير
1973	46.5		1985	23.9	
1974	46.77	0.27-	1986	25.01	1.11-
1975	45.7	1.07	1987	19.82	5.19
1976	46.56	0.86-	1988	20.74	0.92-
1977	46.85	0.29-	1989	22.15	1.41-
1978	47.48	0.63-	1990	21.37	0.78
1979	47.2	0.28	1991	23.29	1.92-
1980	47.48	0.28-	1992	24.98	1.69-
1981	47.68	0.2-	1993	24.95	0.03
1982	47.68	0	المتوسط	22.91	0.13125-
1983	48.17	0.49-	أعلى قيمة	25.01	5.19
1984	49.49	1.32-	أقل قيمة	19.82	1.92-
1985	50.21	0.72-	الانحراف	1.97	2.33
1986	51.26	1.05-	معامل	8.62	1775-
1987	51.54	0.28-			
1988	48.18	3.36			
1989	48.3	0.12-			
المتوسط	48.18	0.113-			
أعلى قيمة	51.54	3.36			
أقل قيمة	45.7	1.32-			
الانحراف	1.66	1.08			
معامل الاختلاف	3.46	957.7-			





شكل (7) : تغيرات منسوب المياه الجوفية ببئر الماشي خلال الفترة 1973–1989.





شكل (8) : تغيرات منسوب المياه الجوفية ببئر عثمان خلال الفترة 1985–1993.

تراوح منسوب المياه في بئر الماشي بين 46.5 مترا عام 1973 و48.3 مترا في عام 1989 بمتوسط عام بلغ نحو 48.06 مترا[1]، وتراوح معدل الانخفاض لمنسوب المياه +3.36 ، –1.32 مترا بمتوسط بلغ –0.11 مترا، وهذا يشير إلى أن الاتجاه هو نحو انخفاض منسوب الماء الجوفي، ويلاحظ أن عام 1984 شهد انخفاضا كبيرا بلغ نحو –1.32مترا في حين شهدت بعض السنوات الأخرى ارتفاعا في منسوب المياه الجوفية كعامي 1975، 1988.

وبخصوص منسوب المياه في بئر عثمان (رومة) فقد بلغ منسوب المياه في عام 1985 نحو 23.9 مترا وانخفض عام 1993 إلى 24.95 مترا بمتوسط عام نحو 22.9 مترا خلال الفترة

المذكورة، وقد تراوح التغير في المنسوب بين +5.19مترا عام 1987، -1.92مترا عام 1991بمعدل عام نحو -0.13مترا، ونجد أيضا هنا أن الاتجاه العام هو انخفاض منسوب المياه الجوفية، ومن الممكن تفسير هذا الانخفاض في مناسيب المياه الجوفية بحوض العقيق بسبب زيادة الآبار المحفورة خلال هذه الفترة وكذلك بسبب ازدياد السحب من الآبار مع انخفاض ملحوظ في كمية الأمطار، وربما يؤكد ذلك أن كثيرا من الآبار قد جفت في الوقت الحاضر، ونشير إلى أنه إذا استمر انخفاض منسوب المياه الجوفية فإن كثيرا من الآبار التي مازالت تضخ المياه ستجف مستقبلا وبالتأكيد ستتأثر المساحات الزراعية والثروة الحيوانية التي تعتمد على مياه هذه الآبار.

التوصيات :

من خلال الدراسة السابقة يمكننا الخروج بالتوصيات التالية :

1- ينبغي ترشيد استهلاك المياه الجوفية الموجودة بحوض وادي العقيق وذلك لأن مناسيبها بدأت في الانخفاض بصورة كبيرة خلال الفترات الماضية وذلك من خلال :
   - لا ينبغي حفر آبار جديدة بالحوض وذلك لانخفاض مناسيب المياه بالآبار الحالية.
   - ترشيد سحب المياه من الآبار الموجودة بالفعل وتقليل السحب منها في السنوات العجاف التي تقل أو تندر بها كميات المطر.
2- ينبغي إنشاء مجموعة من السدود على الروافد القريبة للحوض للتقليل من أخطار السيول التي تحدث بهذه الروافد وكذلك لتقليل كمية المياه المفقودة خلال رحلتها نحو الشمال.
3- ترشيد استخدام المياه المستخدمة في الزراعة عن طريق إتباع طرق الري بالتنقيط بدلاً من الري بالغمر وبذلك يكون من الممكن إضافة مساحات زراعية جديدة والمحافظة على المساحات القائمة بالفعل.

---

(1) كلما زاد المنسوب الذي توجد عنده المياه الجوفية فإن ذلك يدل على انخفاض منسوب المياه.

4- إقامة قناة مغطاة على طول المجرى الرئيسي لوادي العقيق أو عمل تغطية لجوانب المجرى لتقليل الفواقد بفعل التسرب.
5- يعتبر سد عروه الذي أنشئ عام 1380هـ من أهم المشاريع المباركة التي أقيمت على وادي العقيق ولذلك لابد من الاهتمام به وكذلك البحيرة التي تتكون أمامه خلال فترة حدوث جريان السيول والتي تبلغ مساحتها نحو 3200كم2 ولابد من الاستفادة من المياه التي تتجمع منها خصوصاً أن هذه المياه تستمر لفترات قد تصل لعدة شهور في أعقاب جريان المياه بالوادي.
6- يجب وقف عمليات استخراج الرمال من قاع بحيرة عروة وبالقرب منها مما يؤدي إلى زيادة سعة البحيرة من المياه المخزونة.

ملحق الصور الفوتوغرافية

صورة (1) : انتشار صخور البازلت على جوانب المجرى الرئيسى لوادي العقيق.

صورة (2) : انتشار صخور الجرانيت على جوانب وادي العقيق

صورة (3) : انتشار النباتات بقاع وادي العقيق.

صورة (4) : موقع سد عروة على المجرى الرئيسي لوادي العقيق.

صورة (5) : عمليات استخراج الرمال بالقرب من قاع بحيرة عروة مما يؤدي لتغير مناسيب القاع.

صورة (6) : بحيرة عروة وقد امتلأت بالمياه خلال شهر مارس 2006م.

صورة (7) : عمليات تسوية قاع بحيرة عروة وتجفيفها خلال شهر فبراير 2007م.

صورة (8) : أحد المدرجات البحيرية التي كونتها بحيرة عروة.

المراجـع

المراجع باللغة العربية :

1. أمانـة المدينـة المنـورة، (2005) : المخطـط الإقليمـي للمدينـة المنـورة، وزارة الشـؤون البلديـة والقرويـة، المملكة العربية السعودية.

2. تراب، محمد مجدي (1987) : حوض وادي بدع جنوب غرب السويس فيما بين وادي حجول شمالا ووادي غويبة جنوبا، دراسة جيومورفولوجية، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية.

3. الجراش، محمد العبد الله (1984) : التقسيمات المناخية للمملكة العربية السعودية تطبيق لتحليل المركبات الأساسية، مجلة كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة أم القرى، المجلد الرابع، (ص ص 123-190).
4. الحسيني، السيد السيد (1996) : الجيومورفولوجيا-أشكال سطح الأرض، الجزء الأول، دار الثقافة العربية، القاهرة.
5. الدوعان، محمد إبراهيم (1999) : الأودية الداخلة إلى منطقة الحرم بالمدينة المنورة، سلسلة بحوث جغرافية، رقم 38، جامعة الملك سعود، الرياض.
6. رجب ،عمر الفاروق السيد رجب (1979) : المدينة المنورة اقتصاديات المكان-السكان-المورفولوجية، الطبعة الأولى، دار الشروق، جدة.
7. الشنطي (أحمد محمود سليمان) (1993) : جيولوجية الدرع العربي،مركز النشر العلمي، جامعة الملك عبد العزيز، جدة.
8. صالح، أحمد سالم (1989) : الجريان السيلي في الصحاري دراسة في جيومورفولوجية الأودية الصحراوية، مجلة معهد البحوث والدراسات العربية، العدد 51، (ص ص 1-85)، القاهرة.
9. طلبة، شحاتة سيد (2002) : فاعلية المطر والاحتياجات المائية في المدينة المنورة، المجلة الجغرافية العربية، العدد الأربعون، (ص ص 129-173).
10. علي، متولي عبد الصمد (2001) : حوض وادي وتير شرق سيناء دراسة جيومورفولوجية، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب، جامعة القاهرة.
11. العوضي (حمدينه عبد القادر) (2002) : أحواض التصريف بحوض المدينة المنورة بالمملكة العربية السعودية دراسة جيومورفولوجية، مجلة كلية الآداب، جامعة الإسكندرية.
12. القلاوي، حسين محمد حسن (1992) : حوض وادي العقيق بالمدينة المنورة، دراسة في معطيات المناطق الجافة، مجلة العقيق، نادي المدينة المنورة الأدبي، المجلد الأول، العدد 1 ،2 (ص.ص، 35-69).
13. كعكي (عبد العزيز عبد الرحمن) (1998) : معالم المدينة المنورة بين العمارة والتاريخ، الجزء الأول (المعالم الطبيعية)، دار إحياء التراث العربي، بيروت.

التقارير :

1. الأحمدي، فهد سالم (1415) : معلومات قياسات الأمطار بمنطقة المدينة المنورة دراسة إحصائية، سلسلة الأبحاث الهيدرولوجية، رقم 2، قسم الهيدرولوجيا، فرع وزارة الزراعة والمياه بالمدينة المنورة.
2. الأحمدي، فهد سالم (1415) : معلومات بعض مسجلات السيول بمنطقة المدينة المنورة دراسة إحصائية، سلسلة الأبحاث الهيدرولوجية، رقم 3، قسم الهيدرولوجيا، فرع وزارة الزراعة والمياه بالمدينة المنورة.
3. الأحمدي، فهد سالم (1415) : مناسيب الآبار بمنطقة المدينة المنورة، سلسلة الأبحاث الهيدرولوجية، رقم 6، قسم الهيدرولوجيا، فرع وزارة الزراعة والمياه بالمدينة المنورة.
4. الأحمدي، فهد سالم (1416) : متوسط التصرف اليومي لمسجلات سيول منطقة المدينة المنورة، سلسلة الأبحاث الهيدرولوجية، رقم 5، قسم الهيدرولوجيا، فرع وزارة الزراعة والمياه بالمدينة المنورة.

الخرائط والأطالس :

1. مكي، محمد شوقي (1985) : أطلس المدينة المنورة، قسم الجغرافيا-كلية الآداب-جامعة الملك سعود، لجنة الأطلس الوطني-الرياض.

2. وزارة البترول والثروة المعدنية (1981) : الخريطة الجيولوجية لمربع المدينة بمقياس 1:250000، لوحة رقم 24د، جدة.
3. وزارة البترول والثروة المعدنية (1981) : الخريطة الجيولوجية لمربع أم البراك بمقياس 1:250000، لوحة رقم 23د، جدة.
4. وزارة البترول والثروة المعدنية (1981) : الخريطة الطبوغرافية لمربع المدينة المنورة بمقياس 1:250000NG.، الرياض، لوحة رقم 15-37
5. وزارة البترول والثروة المعدنية (1981) : الخريطة الطبوغرافية لمربع السويرقية بمقياس 1:250000، لوحة رقم 3-37NG.، الرياض

المراجع باللغة غير العربية:

1. Armstrong, C.F., & Stidd, C.K., (1967): A Moisture Balance Profile in the Sierra Nevada, Hydro. Bull., pp. 258-268.
2. Camp, V.E., (1986): Explanatory to accompany the Geologic Map of the Umm Al-Birak Quadrangle, Sheet no. 23D, Ministry of Petroleum and Mineral Resources, Riyadh.
3. Carleston, C.W., (1963): Drainage and Stream Flow, US Geol. Surv., Prof. paper, 422, pp.1-8.
4. Chorley, R.J., (1969): Introduction to fluvial processes, Methuen & CO. Ltd., Great Britain.
5. Cooly, M.E., Aldridge, B.N., & Euler, R.C., (1977): Effects of the Catastrophic Flood of December 1966 North Rim Area Eastern Grand Canyon, Arizona, US Geol, Surv. Prof. Paper 980.
6. Graf, W.L., (1988): Fluvial processes in Dryland River, Springer-Verlag, Berlin.
7. Gregory, K.J., & Walling, D.E., (1973): Drainage Basin Form and Process A Geomorphological Approach, Edward Arnold, London.
8. Horton, R.E., (1945): Erosional Development of Streams and their Drainage Basins- Hydrological Approach to Quantitative Morphology, Geol. Soc. Amer. Bull., Vol. 56, pp. 275-370.
9. Leopold, L.B. Wolman, M.G., & Miller, J.P., (1964): Fluvial Processes in Geomorphology, Freeman & Co., London.
10. Morisawa, M.E., (1962): Quantitative Geomorphology of some Watershed in the Appalachian Plateau, Geol. Soc. Amer. Bull., vol. 73, pp. 1025-1046.
11. Pellaton, G., (1981): Explanatory to the Geologic Map of the Al-Madinah Quadrangle, Sheet no. 24D, Ministry of Petroleum and Mineral Resources, Riyadh.
12. Schumm, S.A., (1977): The Fluvial System, John Wily & Sons, New York.
13. Waltz, J.P., (1969): Ground Water in Chorley, R.J., ed., Water, Earth and Man- A Synthesis of Hydrology Geomorphology and Socio-Economic Geography, Methuen & Co. Ltd., Bristol, Great Britain.

* * *

الاستشعار عن بعد والجغرافيا الزراعية : نماذج تطبيقية