



الجمعية الجغرافية المصرية

**جيومورفولوجية قاع الفريح شرق المدينة المنورة
وإمكانات التنمية**

الدكتور/ متولي عبد الصمد عبد العزيز علي

أستاذ الجغرافيا الطبيعية المشارك بجامعة طيبة بالمدينة المنورة،

أستاذ الجغرافيا الطبيعية المساعد بجامعة القاهرة

سلسلة بحوث جغرافية

العدد الرابع والستون - 2013



فهرس المحتويات

صفحة	الموضوع
1	مقدمة.
2	أولاً : الملامح العامة لقاع الفريح.
4	ثانياً : الخصائص الجيولوجية لمنطقة الدراسة.
6 11 13	(1) صخور ما قبل الكمبري. (2) تكوينات البازلت. (3) رواسب الرباعي.
14	ثالثاً : خصائص أحواض التصريف بقاع الفريح.
14 16 16 17 21 28	- مساحة الأحواض. - محيط الأحواض. - أطوال الأحواض. - أشكال الأحواض. - الخصائص التضاريسية للأحواض. - الانحدارات.
32	رابعاً : خصائص شبكات التصريف بقاع الفريح.
49	خامساً : التحليل الحجمي لرواسب قاع الفريح.
59	سادساً : التطور الجيومورفولوجي لقاع الفريح.
63	سابعاً : إمكانات التنمية بقاع الفريح.
68	ملحق الصور الفوتوغرافية.
71	المراجع.

فهرس الأشكال

صفحة	عنوان الشكل	م
3	موقع قاع الفريح والأودية الرئيسية التي تصب فيه.	1.
5	القطاعات التضاريسية لقاع الفريح.	2.
7	توزيع الصخور والرواسب بمنطقة الدراسة.	3.
9	التوزيع النسبي للصخور بمنطقة الدراسة.	4.
19	معاملات شكل الأحواض بمنطقة الدراسة.	5.
22	الخريطة الكنتورية للمنطقة ومواقع القطاعات التضاريسية للقاع.	6.
27	المنحنيات الهيسومترية لأحواض التصريف.	7.
31	درجات الانحدار بمنطقة الدراسة.	8.
37	شبكة التصريف بأحواض قاع الفريح.	9.
39	العلاقة بين الرتب النهرية وأعداد المجاري وأطوالها.	10.
43	اتجاهات مجاري شبكة التصريف.	11.
53	المدرجات التكرارية لعينات التربة بقاع الفريح.	12.
54	المنحنى المتجمع الصاعد لعينات التربة.	13.
56	خصائص الرواسب بقاع الفريح.	14.
61	مراحل تطور قاع الفريح.	15.
62	التصور الافتراضي لمجرى العاقول القديم.	16.
64	مواقع السدود المقترحة على أودية قاع الفريح.	17.
67	بدائل التنمية بقاع الفريح.	18.

فهرس الجداول

صفحة	عنوان الجدول	م
15	المتغيرات الرئيسية لأحواض التصريف.	.1
17	معاملات شكل الأحواض بالمنطقة.	.2
18	أشكال أحواض التصريف طبقا لنسبة الاستطالة.	.3
23	الخصائص التضاريسية لأحواض تصريف قاع الفريخ.	.4
28	فئات الانحدار طبقا لتصنيف Young.	.5
29	فئات الانحدار طبقا لتصنيف Tang.	.6
33	متغيرات شبكة التصريف بأحواض قاع الفريخ.	.7
46	كثافة التصريف بأحواض قاع الفريخ.	.8
50	مواقع عينات التربة بقاع الفريخ.	.9
51	التحليل الحجمي لعينات التربة بقاع الفريخ.	.10
57	انواع الرواسب ومساحاتها بقاع الفريخ.	.11
57	تصنيف الرواسب بقاع الفريخ.	.12
60	فترات النشاط البركاني بمنطقة الدراسة.	.13

فهرس الصور الفوتوغرافية

صفحة	عنوان الصورة	م
68	تكوينات البازلت البركانية الحديثة على الأطراف الغربية لقاع الفريخ.	.1
68	رواسب قيعان الأودية.	.2
69	رواسب القاع.	.3
69	الرواسب البحرية الناعمة بالقرب من سد العاقول القديم.	.4
70	مباني قديمة مهجورة على أطراف قاع الفريخ.	.5
70	انتشار الزراعة بقيعان أحد الأودية التي تصب بقاع الفريخ.	.6
70	عمليات تجريف قاع الفريخ من قبل شركات الطوب والقرميد.	.7

مقدمة

تعد الدراسات الجغرافية عن البحيرات القديمة والتي تعرف محليا باسم القيعان قليلة ومحدودة على الرغم من دلالة هذه الظاهرة الجيومورفولوجية على التغيرات المناخية التي حدثت خاصة خلال البليستوسين. وتحاول الدراسة الحالية رصد الضوابط الجغرافية الطبيعية التي أثرت في نشأة وتطور قاع الفريخ بالمدينة المنورة.

ويقع قاع الفريخ شرق المدينة المنورة على مسافة 18 كم من الحرم النبوي الشريف، كما يبعد القاع عن مطار المدينة المنورة بنحو 9 كيلومترات. ويحد القاع من الشمال قرية العاقول وطريق المدينة - القصيم القديم، وشرقا يحده جبال تيم، وجنوبا وغربا حرة رهط (بنى سليم).

وفلكيا يقع قاع الفريخ بين خطى عرض $17^{\circ} 32' 24''$ و $26^{\circ} 30' 24''$ شمالا، وبين خطى طول $07^{\circ} 44' 39''$ و $54^{\circ} 47' 39''$ شرقا (شكل 1).

وقد تحكم النشاط البركاني في نشأة القاع إذ عملت الصخور البركانية على غلق مجرى وادي الخنق وهو الوادي الرئيس الذي يصب بالقاع ومن ثم أدى هذا الانغلاق إلى اختزان المياه بالقاع خاصة خلال العصور المطيرة بالرباعي. وتكونت الإرسابات البحرية بالقاع وأدت إلى استواء السطح ولكن ما لبثت الظروف المناخية أن تبدلت بنهاية الزمن الرابع وحل الجفاف بالبحيرة.

ويمثل القاع في الوقت الحاضر منطقة يمكن الإفادة منها في مجال الزراعة خاصة وذلك بعد إنشاء مجموعة من السدود للتحكم في كمية المياه التي تدخل القاع أثناء السيول والتي تمنع من الإفادة به الإفادة المثلى.

وسوف نعرض في هذا البحث للملامح العامة والخصائص الجيولوجية، ثم أحواض التصريف وشبكتها، فالتحليل الحجمي لرواسب القاع والتطور الجيومورفولوجي، وأخيراً إمكانات التنمية.

أولاً : الملامح العامة لقاع الفريح.

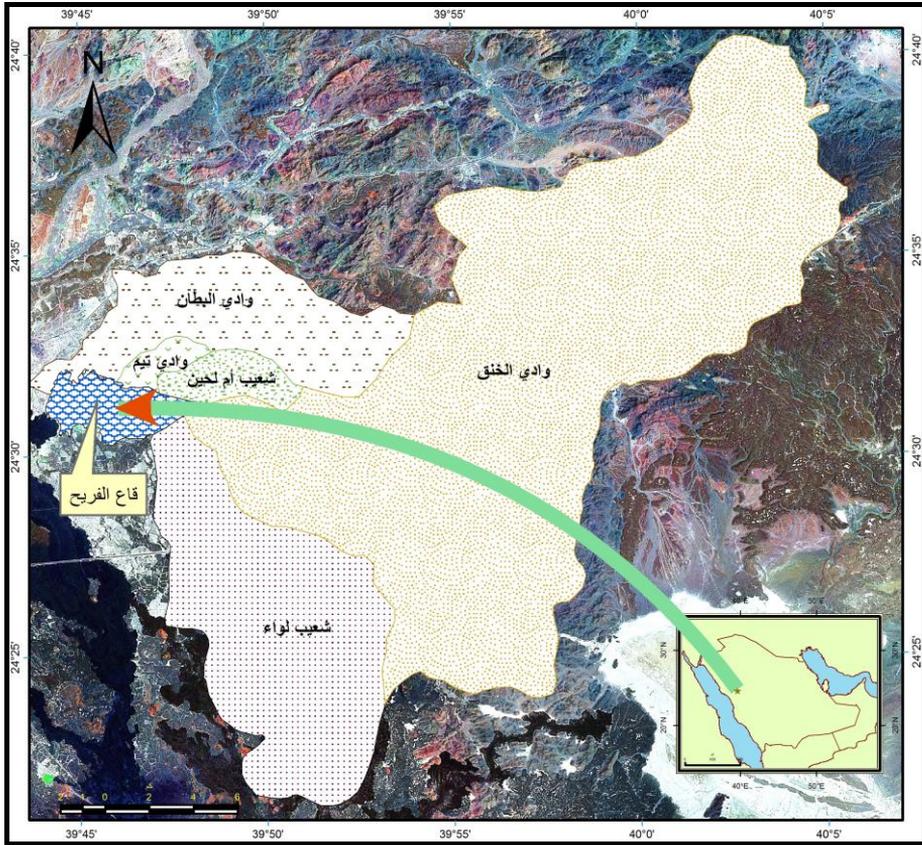
يعد قاع الفريح (العاقول)⁽¹⁾ من أكبر الأحواض بمنطقة المدينة المنورة، وهو أحد الأحواض التي نشأت بفعل العوامل التكتونية وعاونتها عوامل التعرية السطحية وتنتشر هذه الأحواض بكثرة في غربي المملكة، ومن أمثلتها حوض الفريدة وقاع حاضوزاء وقاع خيبر، وقد ارتبطت نشأة هذه القيعان بالعديد من الأحداث الباطنية والتغيرات المناخية التي عملت على ملء هذه القيعان بالمياه مكونة بحيرات تصل مساحتها أحياناً لعدة مئات من الكيلومترات المربعة. ومثلت بحيرة الفريح القديمة مستوى قاعدة محلي للأودية التي تنتهي إليها حتى استطاعت هذه الأودية الخروج من البحيرة في مجرى واحد.

ويمثل قاع الفريح الحالي بقايا البحيرة القديمة التي تكونت بسبب اندفاع اللافا البركانية التي أغلقت مجرى وادي الخنق فنشأت بحيرة الفريح القديمة إلى أن استطاع وادي الخنق - في أعقاب فترات مطيرة - وبقيّة الروافد الصغيرة التي كانت تصب في البحيرة أن تغير اتجاهها صوب الشمال بعد أن اتحدت في مجرى وحيد متجاوزة التكوينات البركانية، ولكن يبدو أن خروج وادي العاقول من البحيرة استغرق فترة من الزمن استطاعت الأودية تكوين الإرسابات البحرية التي تبلغ مساحتها نحو 13.16 كم².

ويعد القاع خط كنتور 650 متر ويصل المنسوب بالقاع لنحو 620 متراً أي أن فارق المنسوب يصل إلى نحو 30 متراً، ويصب في قاع الفريح واديان رئيسان هما وادي الخنق الذي تصل مساحة حوضه لأكثر من 360 كم² ثم وادي البطان وتبلغ مساحته نحو 60 كم²، وتوجد أيضاً بعض الشعاب الصغيرة الأخرى التي تصب في القاع، إلا أننا يمكننا القول بأن وادي الخنق هو المسئول الرئيس عن تكوين هذه البحيرة القديمة بسبب كبر مساحته واتساع حوض تصريفه وتعدد روافده.

(1) يسمى الحوض في المصادر العلمية المختلفة باسم قاع الفريح بينما التسمية الشائعة لدى الناس هي قاع العاقول وتستخدم الدراسة الحالية الاسم العلمي وهو قاع الفريح.

وعلى الأطراف الشمالية للقاع تقع قرية العاقول والتي يسكنها بضعة آلاف من السكان. أما القاع فتستغل أغلبه شركات إنتاج الطوب والقرميد⁽¹⁾، كما توجد بعض المزارع الصغيرة ولكن يؤخذ عليها أنها توجد في مجرى وادي الخنق وهو ما يمثل خطورة في حال حدوث السيول.



شكل (1) : موقع قاع الفريح والأودية الرئيسية التي تصب فيه.

(1) القرميد ينتج من تربة القاع وهو عبارة عن ديكور يوضع على سطح البناء لإعطائها منظر جمالي وكذلك يفيد في عزل الحرارة والبرودة للمبنى.

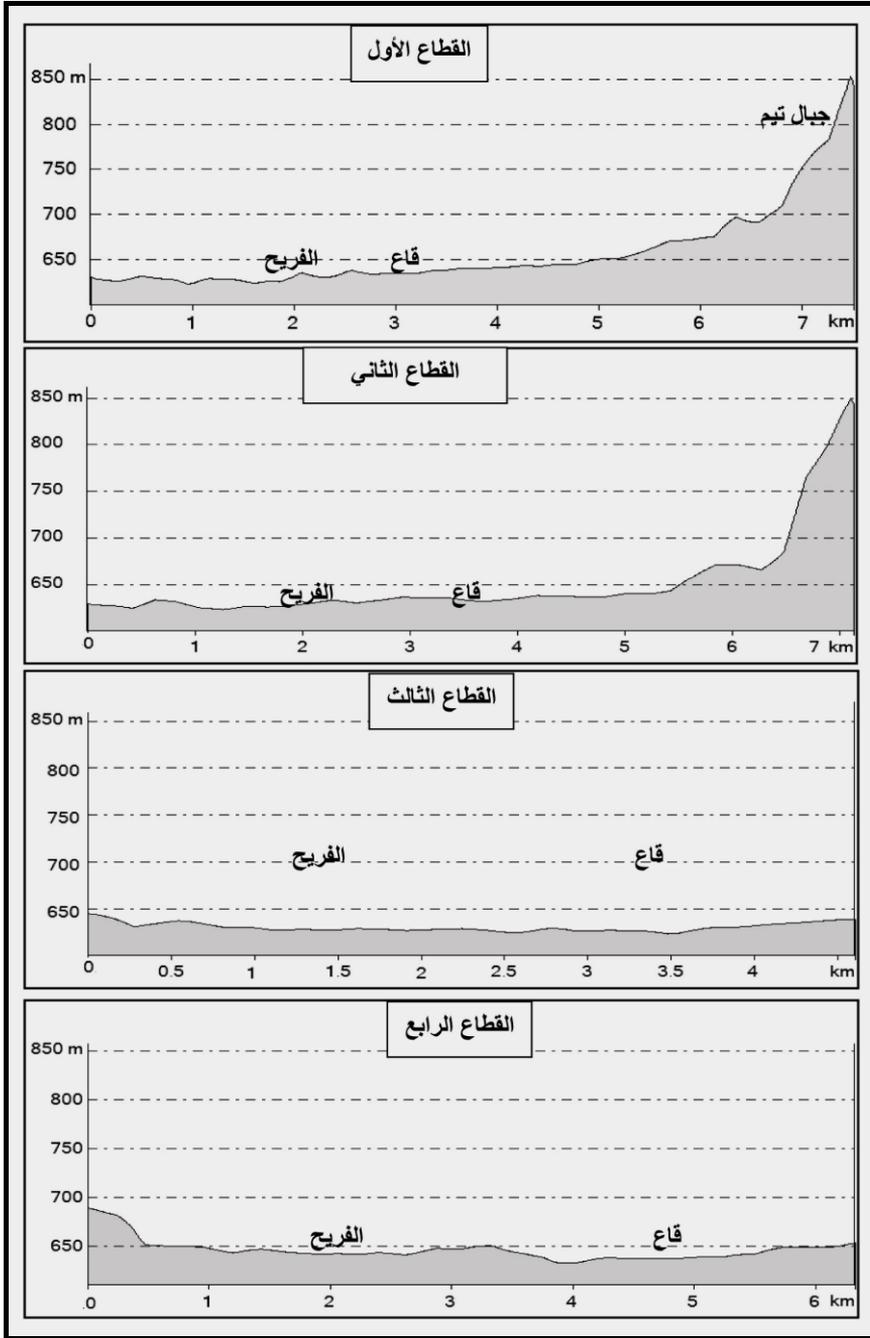
ولدراسة الخصائص التضاريسية للقاع تم إنشاء 4 قطاعات تضاريسية اعتمادا على نموذج الارتفاع الرقمي Digital Elevation Model (شكل 2)، وتتسم جوانب القاع بتضرسها خاصة جهة الشرق حيث توجد جبال تيم ويقل الانحدار بالاتجاه صوب وسط القاع، ويبلغ ارتفاع جبال تيم نحو 850 مترا بينما يبلغ منسوب جوانب القاع نحو 650 مترا. وتبلغ درجة الانحدار نحو في المتوسط نحو 5 درجات على القطاع الأول وان كانت درجة الانحدار تزيد بالاتجاه غربا وتقل شرقا.

أما القطاع الثاني فيظهر انحدارا أكثر إذ تبلغ درجة الانحدار في المتوسط نحو 7 درجات وتزيد درجة الانحدار لتصل إلى نحو 70 درجة على جوانب جبال تيم، ويلاحظ أن جوانب القاع بالجزء الغربي غير واضحة وإنما تمثل جزءا من سهل أقدام الجبال Piedmont. وهنا يظهر أثر الأودية التي تنحدر من جبال تيم والتي استطاعت القيام بعمليات النحت والنقل والإرساب، مما أدى بدوره لتراجع الحافات وعدم وضوح حواف القاع من الجانب الغربي.

ويتضح من القطاعين الثالث والرابع وضوح جوانب القاع من الجهة الشمالية والشمالية الشرقية إذ يبلغ منسوب حافة القاع نحو 680 مترا، وتصل درجة الانحدار نحو 3 درجات، وتزيد بالقرب من حافة القاع الشمالية لتصل إلى 15 درجة تقريبا.

ثانياً : الخصائص الجيولوجية لمنطقة الدراسة.

تنتشر بمنطقة الدراسة العديد من التكوينات الصخرية والرواسب السطحية والتي يتراوح عمرها بين عصر ما قبل الكامبري والحديث، (الشنطي، 1985، ص 41).



شكل (2) : القطاعات التضاريسية لقاع الفريح.

1) صخور ما قبل الكمبري :

تغطي هذه التكوينات نحو 312 كم² بنسبة 52.4% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، ويتراوح عمر صخور ما قبل الكمبري بين 725-743 مليون سنة قبل الآن، وتتألف صخور ما قبل الكمبري من التكوينات التالية:

أ- صخور العريفي :

وتمثل هذه الصخور القسم العلوي من مجموعة صخور العيص. وتتألف من صخور ابيكلاستية (فتاتية) وطف ريوليتي Tuff، وتتداخل طبقات البريشيا البركانية مع طبقات رقيقة من الحجر الرملي، وتنتشر الصخور الرسوبية الفتاتية وبأحجام متباينة مع انتشار كتل من الصخور البركانية ذات أحجام كبيرة (Pellaton, 1981, p. 7)، ويتراوح سمك هذه الصخور 100-300 متر (العوضي، 2002، ص 14).

وتشغل صخور العريفي نحو 225 كم² بنسبة تبلغ نحو 41% من إجمالي مساحة المنطقة، وتظهر في عدة مواضع تبلغ 22 موضعا أهمها المناطق التالية:

- شرقي جبال تيم حيث تشغل صخور العريفي مساحة كبيرة وتشغل نطاقا طوليا يبلغ طوله نحو 13 كم ويعرض يصل إلى 1 كم (شكل 3)، وتتسم هذه الصخور بهذه المنطقة بانتشار الصدوع التي تأخذ الاتجاه الشمالي الغربي.
- علي جانبي وادي البطان.
- منطقة الحار.
- المنابع العليا لوادي الخنق.

ب- صخور الريولايت :

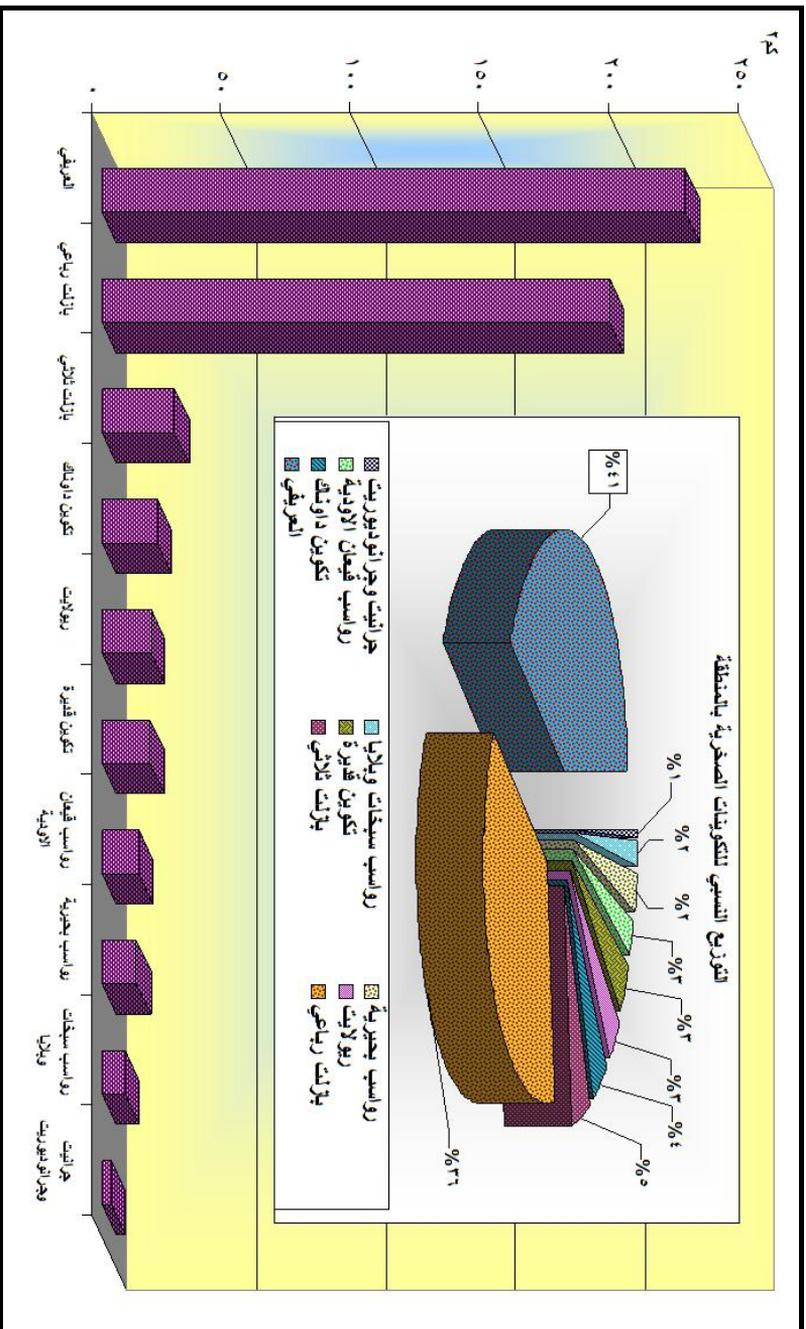
تظهر هذه الصخور في نحو 11 موزعا بالمنطقة وتغطي مساحة تبلغ نحو 19 كم² بنسبة 3.5% تقريبا (شكل 4)، وتتألف من الريولايت والدايسيت والبريشيا البركانية والطف البركاني، وهذه الصخور أحدث عمرا من صخور العريفي ويصل عمرها لنحو 690 مليون سنة قبل الآن (Pellaton, 1981, p. 7).

ومن أهم المواضع التي تظهر بها هذه الصخور نطاق طولي غربي جبال تيم ويبلغ طوله نحو 15.5 كم، ومتوسط عرضه كيلو متر واحد وتبلغ مساحته 14.1%، ولا يقطع هذا النطاق سوي وادي البطان الذي يخترقه من جهة الشمال. والموضع الثاني الذي تظهر به هذه الصخور في منطقة الحار السفلى وشمال العطاوية وتحديدا بين جبال الشهب جهة الشرق وجبال الفرائد جهة الغرب، وتبلغ مساحة هذا النطاق نحو 2.5 كم².

ج- تكوينات قديرة :

وتنتهي هذه الصخور لمجموعة الفريخ وتمثل القسم الأسفل منها. وتقع مجموعة الفريخ فوق مجموعة العيص بسطح عدم توافق، وتتألف بصورة رئيسية من الانديسيت Andisite والبازلت Basalt والبريشيا البركانية Volcanic Breccia والطف Tuff، وتغطي هذه الصخور مساحة صغيرة تبلغ 18.6 كم² بنسبة 3.3% وتظهر بوضوح في أربعة مواضع أهمها جنوبي جبال السدير، وتبلغ مساحتها هنا نحو 8 كم²، ويخترقها شعيب البديعة أحد الروافد الشمالية لوادي الخنق.

كما تظهر هذه الصخور جنوبي الحار العليا وغربي جبل وقل في منطقتين متجاورتين تبلغ مساحتهما نحو 8 كم². وتتسم الصخور بمقامتها لعمليات التعرية، ولذلك فإنها تظهر في بعض الأحيان كحافات شديدة الانحدار، وخاصة على جوانب بعض الخوانق النهرية (العوضي، 2002، ص 18).



شكل (4) : التوزيع النسبي للصخور بمنطقة الدراسة.

د- صخور الداوناك :

تتألف من صخور الحجر الرملي والكونجولومات والطفل، وتتخللها راقات من السلث والرخام. وتنتشر الصخور على مساحة تبلغ 21 كم²، وهو ما يمثل نحو 3.8%، ويلاحظ أن هذه الصخور تكاد تختفي في غرب المدينة، ولا تظهر إلا في عدة مواضع بمنطقة الدراسة، ومنها غرب جبال تيم وبعض المواضع المتناثرة شرقي المنطقة.

وتشير خصائص هذه الصخور إلى أن المنطقة قد شهدت نشاطا نهريا إبان فترة تكوينها. ويشير قلة وجود هذه التكوينات في غرب المدينة وانتشارها بكثافة شرقي المدينة، على أن هذه التكوينات قد تكون اختفت أسفل صخور البازلت الأحدث منها وأن التعرية النهرية كانت أشد في غربي المدينة بسبب طبيعة التضاريس غرب المدينة والتي تتسم بانتشار المرتفعات التي ساعدت على تكوين وتطور الأودية، وقد أشار (Pellaton, 1981, p. 11) إلى أن تكوين الداوناك يتألف من الطبقات التالية :

- **صخور الجرايوكي** Graywacke : وهي عبارة عن صخور رملية ذات لون داكن، وتتألف من الحبيبات الناعمة والمتوسطة مكونة راقات تحتوي على الكوارتز والفلسبار.
- **صخور الغرين** Siltstone : وتتراوح ألوانها بين الأخضر والبني والمادة اللاحمة مادة أسمنتية، وتتراوح أقطار الحبيبات بين بضعة سنتيمترات وعشرات السنتيمترات وتظهر بها عدسات المرو.
- **الحجر الرملي الصخري** Lithic Sandstone : وتتراوح ألوانه بين الأخضر وألوان متعددة وحبيباته متوسطة إلى خشنة مستديرة إلى زاوية.
- **الحجر الرملي** : ويتراوح لونه بين الأخضر والرمادي، وحبيباته ناعمة إلى ناعمة جدا.

- الرصيص (الكونجلمرات) : ويقع عند قاعدة تكوينات الداوناك، ويتعاقب مع صخور الحجر الرملي الصخري، وتتسم حبيباته بكبر أقطارها التي تصل إلى 30 سم تقريبا.

ه- صخور الجرانيت والجرانوديوريت :

وهذه الصخور لا تمثل إلا نسبة ضئيلة من مساحة المنطقة يبلغ نحو 0.49 كم² بنسبة 0.09% فقط، وتتسم هذه الصخور باللون الأحمر الفاتح إلا في حال تحولها إلى الجرانوديوريت فتأخذ اللون الغامق، وهذه الصخور ذات أصل جوفي بلوتوني وذات نسيج بروفييري.

و- صخور المونزونيت والديوريت والجابرو:

وتشغل هذه الصخور نحو 3 كم² بنسبة 0.55% من مساحة منطقة الدراسة، وتوزع في سبعة مواضع بالمنطقة أكبرها مساحة تقع في الجزء الشمالي الشرقي، وتظهر هذه الصخور على هيئة أشرطة من القواطع والعروق وتتألف أساسا من الديوريت والجابرو.

(2) تكوينات البازلت :

تنتشر بمنطقة الدراسة صخور البازلت البركانية والتي تنتمي للزمنين الثالث والرابع، وتتألف بشكل أساسي من البازلت والانديسيت (الهلال، 2007، ص 144)، وتسمى محليا باسم الحرات وتغطي هذه الصخور أكثر من 40% من مساحة المنطقة، ويمثل بازلت الزمن الرابع نحو 35% بينما يشغل بازلت الزمن الثالث نحو 5% فقط. وربما يكون البازلت الثلاثي موجودا أسفل التكوينات الأحدث منه وخاصة الصخور البازلتية الحديثة، وقد أوضح (Pellaton, 1981) أن

صخور البازلت تغطي أحيانا طبقات رسوبية من الطين والرمل وتتخللها طبقات من الحصى، وأحيانا تتموضع صخور البازلت فوق صخور القاعدة النارية مباشرة.

وقد أشار (مرزا) إلى أن البازلت الثلاثي ينقسم إلى وحدتين رئيسيتين هما:

- بازلت شواخط، ويتراوح عمره بين 10-2.5 مليون سنة.
- بازلت حمة ويتراوح عمره بين 2.2 - 2.1 مليون سنة (مرزا، 2008، ص 334-335).
- أما البازلت الرباعي فينقسم إلى قسمين : **القسم الأسفل** ويضم ثلاث تدفقات بازلتية تتراوح أعمارها بين 1.6 - 0.6 مليون سنة، أما **القسم الأعلى** الأحدث عمرا فيتألف من أربعة تدفقات بازلتية تتراوح أعمارها بين 0.6 والعصر التاريخي.

وتنتشر صخور البازلت الثلاثي في غربي المنطقة غربي وادي الخنق وعلي جوانب وادي لواء.

وتنتشر صخور البازلت الرباعي انتشارا واسعا بالمنطقة إذ تغطي مناطق شرقي حوض الخنق وخاصة روافده الشرقية، كما تظهر في الأجزاء الغربية للمنطقة تتخللها تكوينات البازلت الثلاثي، ويشير ذلك الانتشار الكبير لهذه الصخور إلى نشاط بركاني هائل شرق المدينة أدى إلى انبثاق الماجما إلى السطح، وهي عبارة عن صخور قاعدية مافية Mafic، وتتسم باللون الأسود القاتم والكتل حادة الزوايا (صورة 1).

3) رواسب الرباعي :

تنتشر هذه الرواسب في مواضع عديدة بالمنطقة تبلغ قرابة 28 موضعا،

وتتألف رواسب الرباعي من رواسب قيعان الأودية ورواسب المصاطب الفيضية ورواسب بحيرية قديمة. ويشير الانتشار الكبير لهذه الرواسب إلى نشاط التعرية المائية بالمنطقة خلال الفترات المطيرة بالبليستوسين، وخاصة الفترة المطيرة خلال البليستوسين المتأخر Late Pleistocene، والتي كانت غطت مناطق واسعة وكانت غزيرة المطر (العوضي، 2002، ص 25).

- رواسب قيعان الأودية :

تتسم رواسب قيعان الأودية التي تصب في قاع الفريح بتفاوت أحجامها من الرمل الخشن إلى الرمل الناعم والصلصال والطيني (صورة 2). ويلاحظ زيادة أحجام الرواسب كلما اتجهنا صوب حواف القاع حيث يشكل الرمل الخشن جدا والخشن نسبة كبيرة من الرواسب، وتختلط هذه الرواسب بالطفوح البازلتية في الأجزاء الغربية والجنوبية الغربية للقاع.

وتختلط رواسب بطون الأودية مع إرسابات القاع البحرية القديمة في وسط القاع حتى أنه ليصعب تحديد مجاري الأودية بوسط القاع، إذ لا يتعدى ارتفاع ضفاف المجاري بالقاع بضعة سنتيمترات وتشكل نمطا نهريا متشعبا Braided Streams، وتتعرض إرسابات القاع لعمليات التجريف من شركات صناعة الطوب والقرميد.

- الرواسب البحرية القديمة :

وتتألف هذه الرواسب من الرمل المتوسط والناعم، وتتركز بصورة رئيسية في قلب قاع الفريح، ولا توجد أدلة على أن الرياح قامت بترسيب هذه الرمال، ولذلك فيمكننا القول أن هذه الرواسب قد تكونت في بحيرة قديمة احتلت القاع لفترة طويلة

من الزمن، كما أن المسافة التي قطعتها هذه الرواسب لتصل إلى القاع جعلتها أكثر نعومة، وخاصة الرواسب التي جلبها وادي الخنق وروافده العديدة (صورة 3).

ثالثاً : خصائص أحواض التصريف بقاع الفريح.

يصب في قاع الفريح خمسة أودية رئيسية هي (الخنق - لواء - البطان - أم لحيين - تيم⁽¹⁾) شكل (4)، وقد تم الاستعانة بصور الأقمار الصناعية⁽²⁾ ونموذج الارتفاع الرقمي والخرائط الطبوغرافية بمقياس 1 : 50000. وتتناول هذه الدراسة ما يلي :

- مساحة الأحواض :

تعتبر المساحة من أهم المتغيرات المورفومترية والتي تؤثر على الجريان وشبكة التصريف وخصائصها، وكذلك حجم وكمية الرواسب التي ينقلها الحوض، كما أنها تؤثر على حجم وكمية الرواسب التي تحتجز داخل حوض التصريف (Schumm, 1977, p. 70).

(1) أطلق الباحث هذا الاسم على الوادي لعدم وجود اسم له ولأنه ينبع أساساً من جبال تيم.

(2) تم الاعتماد على المرئيات الفضائية من نوع :

- LANDSAT TM , Path 39, Row.44

- Ikonos, 2010.

ومن خلال جدول (1) يتضح ما يلي :

تتراوح مساحة الأحواض بين 360 كم²، 5 كم²، بمتوسط عام بلغ 109 كم². وبلغ معامل الاختلاف نحو 133%، بما يوحي بالتباين الكبير في مساحة الأحواض، وهذا مفاده أن حوض الخنق - أكبر أحواض المنطقة مساحة - قطع شوطاً في المرحلة الجيومورفولوجية يختلف عن بقية الأحواض وخاصة الصغيرة

منها كوادبي أم لحيين وتيم.

جدول (1) : المتغيرات الرئيسية لأحواض التصريف.

العرض (كم)	الطول (كم)	المحيط (كم)	نسبة المساحة (%)	المساحة (كم ²)	الوادي
14.2	31.9	110.9	65.7	360.4	الخنق
8.9	19.2	50.6	20.2	110.6	لواء
4.8	17.4	44.7	11.1	60.7	البطان
2.12	6.39	15.7	2.1	11.6	أم لحيين
1.4	4.3	11.37	0.9	5.19	وادي تيم
6.28	15.84	46.65		109.70	المتوسط
5.31	11.11	39.84		146.46	الانحراف المعياري
84.54	70.18	85.40		133.51	معامل الاختلاف %

ولا شك أن الأحداث الجيولوجية والمناخية قد أثرت على تباين مساحات هذه الأحواض فالطيات القديمة والانكسارات التي حدثت أدت إلى تجديد بعض الأودية، وخاصة وادي الخنق الذي يعتقد بأنه أقدم من بقية الأودية الصغيرة. ومن ثم فقد عاصر الكثير من الفترات المطيرة التي ساعدت على اتساع مساحته الحوضية ومكنته من اختراق محور الطي (تيم - الفرائد) عبر خانق صغير يمر بأحد الصدوع، وبعد عملية الرفع التي أصابت المنطقة ظهرت بعض الأودية الصغيرة والتي لم تتمكن من تطوير مساحاتها الحوضية بسبب قلة المطر وحالة الجفاف التي أصابت المنطقة بعد ذلك.

- محيط الأحواض :

ويعبر محيط الأحواض Basin Perimeter عن خط تقسيم المياه المحدد

للأحواض ويرتبط ذلك المتغير بمساحة حوض التصريف بدرجة ارتباط بلغت 0.98، ويتراوح محيط أحواض المنطقة بين 111 كم لوادي الخنق، 11 كم لوادي تيم، وبلغ معامل الاختلاف نحو 85%، ويلاحظ أن محيط وادي الخنق يتسم بالتعرج مقارنة ببقية الأحواض، مما قد يشير إلى تقدم الوادي في مرحلته الجيومورفولوجية مقارنة بالأحواض الأخرى التي تأثرت حدودها بالصدوع أكثر من التعرية النهرية.

- أطوال الأحواض :

كما تتباين أطوال الأحواض⁽¹⁾، إذ بلغ طول وادي الخنق نحو 32 كم وسجل وادي تيم أقل القيم من حيث الطول وبلغ طوله 4.3 كم، في حين بلغ متوسط أطوال الأحواض 15.8 كم.

وتم إيجاد أقصى عرض للأحواض بحيث يكون متعامدا على الخط الذي يمثل أقصى طول للحوض (جودة، عاشور، 1991، ص 293).

ويتضح من الجدول السابق أن حوض وادي الخنق سجل عرضا بلغ 14.2 كم. وسجل وادي تيم عرضا بلغ 1.4 كم وبلغ متوسط عرض الأحواض نحو 6.2 كم، وبلغ معامل الارتباط بين أطوال الأحواض وعرضها نحو 0.97. وتتسم الأودية التي تتسم بزيادة طولها مقارنة بعرضها بوصول المياه إلى مجاريها في أوقات مختلفة، وبالتالي يستمر الجريان لمدة طويلة ولكن على —

(1) تم قياس أطوال الأحواض من نقطة المصب لأبعد نقطة توجد على المحيط (Chorley, 1969, p. 38).

حساب قمة الجريان التي تسجل انخفاضا ملحوظا، وقد سجلت جميع أحواض التصريف بالمنطقة طولاً أكثر من عرضها، وإن اختلفت النسبة من حوض لآخر، فعلى سبيل المثال سجل وادي الخنق أقل نسبة وبلغت 2.2، فيما سجل وادي البطان أعلى النسب وبلغت 3.6، وهذا يعني أن أكبر الأحواض يتسم بزيادة نسبة طوله لعرضه مقارنة ببقية الأحواض، وهذا مؤداه أن المياه في حال سقوطها تتسم بظهور قمة للفيضان وتتركز في فترة شبه قصيرة.

- أشكال الأحواض :

ولدراسة أشكال الأحواض (جدول 2)، فقد استخدمت المعاملات الآتية:

- نسبة الاستطالة.
- نسبة الاستدارة.
- معامل الشكل.
- معامل الاندماج.
- معامل الانبعاج.

جدول (2) : معاملات شكل الأحواض بالمنطقة.

الوادي	نسبة الاستطالة باستخدام طول المجرى الرئيسي	نسبة الاستدارة	معامل الشكل	معامل الاندماج	معامل الانبعاج
الخنق	0.20	0.37	0.35	1.65	0.71
لواء	0.25	0.54	0.30	1.36	0.83
البطان	0.17	0.38	0.20	1.62	1.25
أم لحيين	0.23	0.59	0.28	1.30	0.88
وادي تيم	0.23	0.50	0.28	1.41	0.89
المتوسط	0.22	0.48	0.28	1.47	0.91
الانحراف المعياري	0.03	0.10	0.06	0.16	0.20
معامل الاختلاف %	13.69	20.69	19.42	10.73	22.11

تتراوح نسبة الاستدارة بين 0.37 لوادي الخنق، 0.59 لوادي أم لحيين، وبلغ المتوسط العام نحو 0.48 وسجل معامل الاختلاف نحو 20% مما يوحي بشبه تجانس أحواض المنطقة، ويلاحظ أن الأودية الصغيرة (أم لحيين - تيم) سجلت قيما مرتفعة، وربما يرجع ذلك لتأثر هذه الأودية بالصدوع التي أثرت على شكلها كما أن انخفاض قيمة الاستدارة لوادي الخنق لا يوحي باستدارة الحوض وإنما

باتخاذها شكلا غير متناسق نتيجة للأحداث الجيولوجية التي تحكمت في مجراه وروافده.

ويعتقد الكثير من الباحثين أن نسبة الاستطالة أدق من نسبة الاستدارة ، إلا أن باردوسي وشميت أوصيا بعدم استخدام طول الحوض لأن ذلك الخط الذي يقيس طول الحوض قد يخرج عن حدود الحوض في كثير من الأحيان ويستعاض عنه بطول المجرى الرئيس الذي يعبر عن خصائص الحوض الهيدرولوجية والجيومورفولوجية (Bardossy and Schmidt, 2002, p. 932).

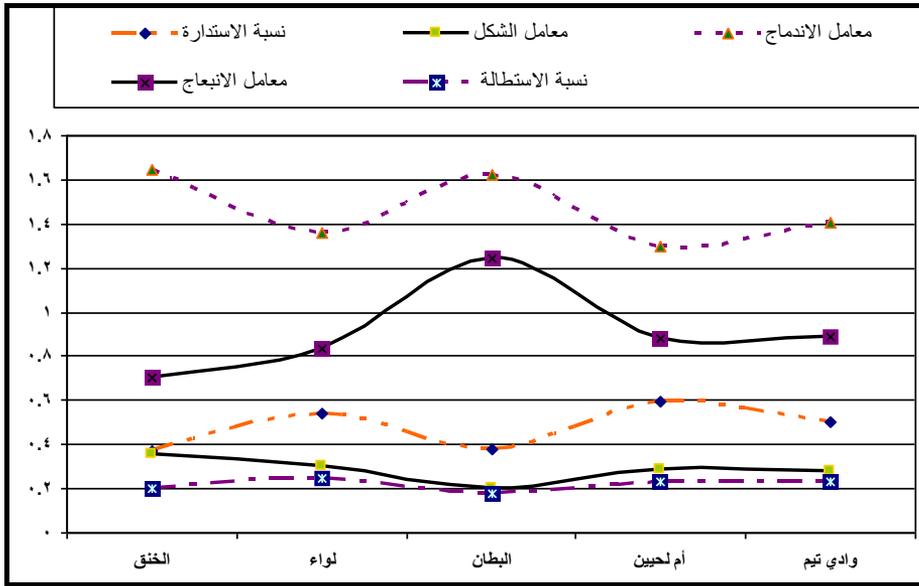
وتتراوح نسبة الاستطالة بين 0.17 لوادي البطان، 0.25 لوادي لواء وبلغت نسبة الاختلاف 13%، ويوضح الجدول التالي أشكال أحواض التصريف تبعا لنسبة الاستطالة.

جدول (3) : أشكال أحواض التصريف طبقا لنسبة الاستطالة.

شكل الحوض	نسبة الاستطالة
مستطيل	أقل من 0.70
شبه مستطيل	0.80 – 0.70
بيضاوي	0.90 – 0.80
مستدير	أكبر من 0.90

المصدر: (Talukdar, 2011, p. 143)

وبناء على التصنيف السابق، فإن كل الأحواض تقع ضمن فئة الشكل المستطيل، وإن تفاوتت الأحواض في درجة استطالتها، إذ يعد وادي البطان أكثر الأودية استطالة (0.17)، بينما يعد وادي لواء أقل الأحواض استطالة، إذ بلغت نسبة استطالته نحو (0.25)، شكل (5)، ويشير ستراهلر إلى أن الأحواض التي تقل نسبة استطالتها عن 0.6 تكون أحواض تتسم بشدة التضرس (Strahler, 1964,)



شكل (5) : معاملات شكل الأحواض بمنطقة الدراسة.

ويرى (سلامة، 1982، ص ص 6-7) أن الصخور الجرانيتية تميل إلى تكوين أحواض تتسم بالشكل المستطيل، ومن الواضح أن عامل الصخر كان له دوراً كبيراً في استطالة أحواض المنطقة وعدم إكمال الأودية لمرحلتها الجيومورفولوجية بسبب حالة الجفاف الحالي.

أما مؤشر عامل الشكل والذي اقترحه هورتون، فإن القيم المنخفضة تشير إلى أحواض أكثر استطالة، بينما القيم المرتفعة تشير إلى تركيز الفيضان في فترة زمنية قصيرة محدودة مع وجود قمة واضحة للجريان (Horton, 1932, p. 355).

ويشير (تراب، 1988، ص ص 71-72) إلى أن القيم المنخفضة لمعامل

الشكل تشير إلى اقتراب شكل الحوض من شكل المثلث بينما تميل الأحواض إلى الشكل المربع في حالة القيم المرتفعة.

وتتراوح قيم معامل الشكل لأحواض المنطقة بين 0.20 لوادي البطان، 0.35 لوادي الخنق بمتوسط عام يبلغ 0.28، وبلغت نسبة الاختلاف نحو 0.19%. مما يشير إلى عدم التفاوت الكبير بين الأحواض في معامل شكلها، وإن اتسم حوض وادي الخنق بارتفاع قيمة معامل الشكل، لأنه كما ذكرنا يسبق بقية الأحواض في دورة التعرية.

ويشير معامل الاندماج Compactness Factor إلى مدى تجانس محيط الحوض مع مساحته ومدى تعرج خط تقسيم المياه، وتوحي القيم المرتفعة بأحواض تتسم بزيادة محيطها على حساب مساحتها ويقل انتظام شكل الحوض، وسجل وادي الخنق أعلى القيم وبلغت 1.65، بينما سجل وادي أم لحيين أقل الأودية في قيمة معامل الاندماج وبلغت 1.30، وتشير نسبة الاختلاف إلى تقارب القيم بين الأودية إذ بلغت نسبة الاختلاف نحو 10% فقط.

ولمقارنة شكل الأحواض مع الشكل الكمثري فقد استخدم معامل الانبعاج Lemniscate Factor الذي قدمه تشورلي عام 1957 (Chorley, et al., 1957)، والقيم المرتفعة تشير إلى أحواض تقل بها أعداد المجاري وأطولها وخاصة في الرتب الدنيا وزيادة عمليات النحت التراجعي والرأسي.

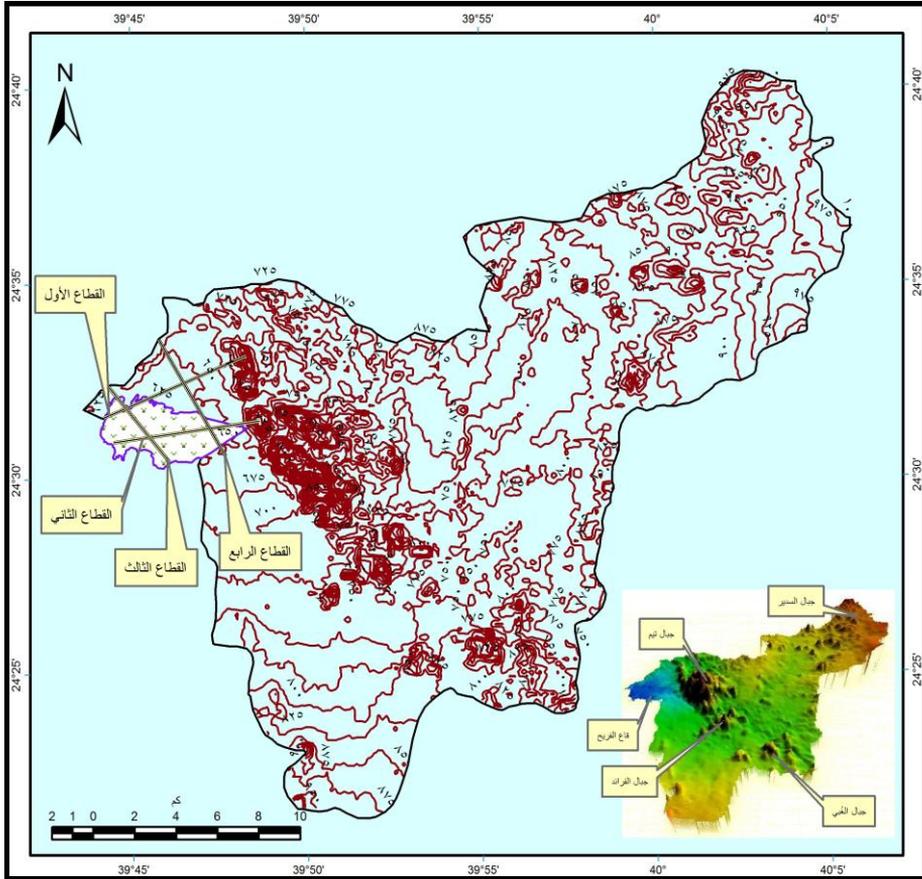
وبدراسة قيم معامل الانبعاج لأحواض التصريف، يتضح أن وادي الخنق سجل أقل القيم 0.71، وهو يمثل أكثر الأحواض احتواءً على المجاري النهرية وخاصة في الرتب الدنيا (الأولى والثانية)، بينما يشكل وادي البطان أعلى القيم

1.25، وبالرغم من ذلك فإن التفاوت بين الأحواض ليس كبيراً إذ بلغ معامل الاختلاف نحو 22%.

- الخصائص التضاريسية للأحواض :

تتسم الأحواض بالتباين التضاريسي حيث يصل المدى التضاريسي في بعض الأحواض إلى أكثر من 400 متر (وادي الخنق)، وما من شك أن تضاريس أحواض التصريف تمثل نتاج التفاعل بين عوامل عديدة وخاصة العوامل التكتونية (عمليات الرفع والالتواءات والانكسارات التي ضربت المنطقة) كما أن العوامل الخارجية (الفترات المطيرة التي مرت بها المنطقة خلال الرباعي)، كما تعتبر التضاريس عاملاً مؤثراً في تحديد الخصائص الهيدرولوجية والجيومورفولوجية لأحواض التصريف.

وقد أنشئت الخريطة الكنتورية للمنطقة بفاصل كنتوري 25 متراً باستخدام النموذج الرقمي للارتفاع Digital Elevation Model (شكل 6)، كما أنشئت خريطة الانحدارات عن طريق حساب الانحدار داخل كل خلية Pixel، مع العلم أن أبعاد الخلية تعادل 15 × 15 متر.



شكل (6) : الخريطة الكنتورية للمنطقة ومواقع القطاعات التضاريسية للقاع.

جدول (٤) : الخصائص التضاريسية لأحواض تصريف قاع الفريج.

درجة الوعورة	التكامل الهيسومتري	التضاريس النسبية	نسبة التضرس متر : كم	المدى التضاريسي (متر)	أعلى منسوب (متر)	أقل منسوب (متر)	المتغير
٠,٤٩	٠,٨٥	٠,٣٨	٩,٣٢	٤٢٥	١٠٧٥	٦٥٠	النفق
٠,٣٥	٠,٣٧	٠,٥٩	١٤,٧٨	٣٠٠	٩٥٠	٦٥٠	لواء
٠,٢٦	٠,٢٤	٠,٥٦	١١,٥٧	٢٥٠	٨٧٥	٦٢٥	البطان
٠,٣١	٠,٠٤	٢,٠٧	٤٥,٦٥	٣٢٥	٩٧٥	٦٥٠	أم لحين
٠,٢٣	٠,٠٢	١,٩٥	٤٦,٢٥	٢٢٢	٨٥٤	٦٣٢	وادي تيم
٠,٣٣	٠,٣٠	١,١١	٢٥,٥١	٣٠٤,٤٠	٩٤٥,٨٠	٦٤١,٤٠	المتوسط
٠,١٠	٠,٣٤	٠,٨٣	١٨,٧٦	٧٨,٦٤	٨٨,٠٤	١٢,٠٣	الانحراف المعياري
٣١,١٥	١١١,٠٠	٧٤,٣٣	٧٣,٥١	٢٥,٨٣	٩,٣١	١,٨٨	معامل الاختلاف %

ويتضح من خلال جدول (4) ما يلي :

يبلغ المدى التضاريسي للأحواض نحو 443 مترا وعلى مستوى الأحواض سجل وادي الخنق أعلى القيم، إذ بلغ المدى التضاريسي نحو 425 مترا، بينما سجل وادي تيم أقل القيم إذ بلغ مداه التضاريسي 222 مترا، وتتركز المناطق المرتفعة في الأجزاء الشمالية والشمالية الشرقية إذ توجد جبال السدير التي ترتفع لأكثر من 1075 مترا فوق مستوى سطح البحر، وتتبع منها الروافد الشرقية لوادي الخنق والتي تشكل رافده وادي البديعة، كما توجد جبال تيم غربي المنطقة ويصل منسوبها لأكثر من 1000 متر فوق مستوى سطح البحر، وتمثل هذه الجبال جزءا من الالتواء المحذب الذي يمتد شمال المنطقة متضمنا الكثير من الجبال.

وتتراوح نسبة التضرس⁽¹⁾ بين (46 متر/كم) لوادي تيم، (9.3 متر/كم) لوادي الخنق، ويشير ذلك إلى أن وادي الخنق أقل الأحواض تضرسا بسبب زيادة طول المجرى الرئيسي مقارنة ببقية الأحواض على الرغم من أن وادي الخنق يضم أعلى الأجزاء ارتفاعا وتضرسا، ولذلك ينبغي أن تؤخذ نسبة التضرس بشيء من الحذر عند استخدامها للمقارنة بين تضرس الأحواض، إذ أن وادي الخنق لم يستطع أن يخفض سطح الأرض بحوضه، ولكن ربما يعزي انخفاض نسبة تضرسه لاستخدامنا طول المجرى الرئيسي بدلا من طول الحوض، كذلك ارتفاع مصبه مقارنة ببقية الأحواض.

أما التضاريس النسبية التي توضح العلاقة بين المدى التضاريسي للحوض ومحيطه (Gregory and Walling, 1973, p. 60)، وتتناسب هذه العلاقة طرديا مع تضرس الحوض، كما ترتفع قيمة التضاريس النسبية مع زيادة عدد مجاري الرتبة الأولى (Knighton, 1984, p. 32).

(1) نسبة التضرس تساوي المدى التضاريسي مقسوما على طول المجرى الرئيسي.

يبلغ متوسط التضاريس النسبية 1.11 وسجل وادي الخنق أقل قيمة وبلغت

0.38، بينما سجل وادي أم لحيين وتيم أعلى القيم وبلغت 2، 1.9 للواديين على التوالي، وتشير هذه القيم المرتفعة إلى تضرس هذين الحوضين ويساعد على ذلك صغر خط تقسيم مياهها، ويتسم وادي الخنق بانخفاض معدل التضاريس النسبية مقارنة ببقية الأحواض بسبب اتساع مساحة حوض تصريفه وطول محيطه على الرغم من أن الدراسة المتأنيئة للتضاريس للحوض توضح أن هناك الكثير من المرتفعات داخل الحوض يزيد ارتفاعها عن 1000 متر، كما أن هذا المعامل يعطي الصورة العامة للتضاريس.

وجاءت العلاقة عكسية بين مساحة حوض التصريف والتضاريس النسبية وبلغت -0.70، وهو ما يؤكد ما توصل إليه جريجوري ووالنج في دراستهم لنحو 76 حوضاً ببريطانيا (Gregory and Walling, 1973, p. 42).

ويوضح التكامل الهيسومتري⁽¹⁾ Hypsometric Integration الفترة الزمنية التي قطعها حوض التصريف في دورة التعرية (تراب، 1988، ص 182).

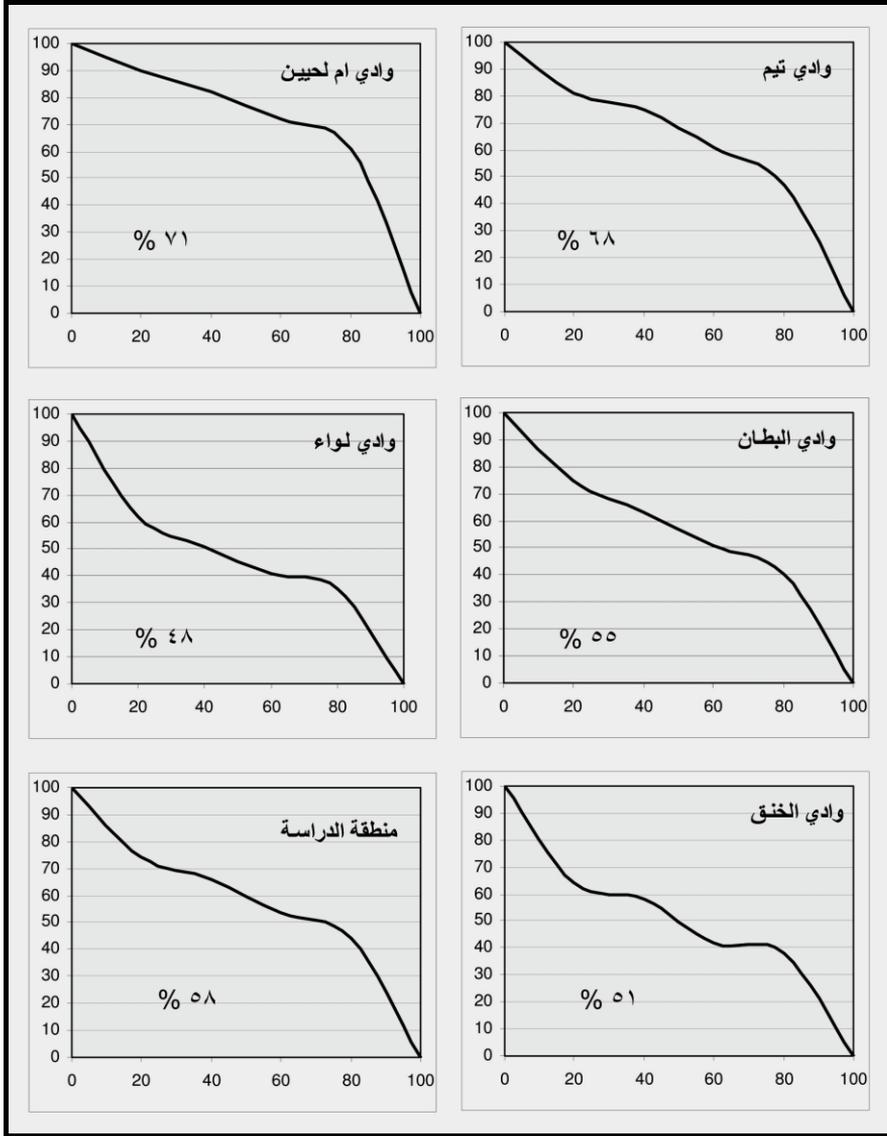
تعني القيم المرتفعة للتكامل الهيسومتري زيادة مساحة الحوض على حساب المدى التضاريسي مما يعني تقدم الحوض في دورة التعرية بينما تشير القيم المنخفضة إلى تضرس الأحواض وكونها في بداية مرحلة التعرية، وبصفة تتسم قيم التكامل الهيسومتري لأحواض المنطقة بالانخفاض لأنها سجلت قيماً أقل من الواحد الصحيح وبلغ المتوسط العام نحو 0.30 وبلغ معامل الاختلاف نحو 111%، وإن كانت هناك بعض التباينات بين الأحواض إذ سجل حوض وادي الخنق أعلى القيم وبلغت 0.85 تقريباً وسجل وادي تيم أقل قيم التكامل الهيسومتري وبلغت 0.02. ويتضح من القيم السابقة دور العامل الصخري الذي يؤثر على ضعف معدلات النحت بأحواض التصريف، كما يشير ذلك أيضاً —

(1) التكامل الهيسومتري يعبر عنه بقسمة مساحة حوض التصريف على المدى التضاريسي للحوض. إلى تأثير انقطاع المطر وتوقف عمليات التعرية النهرية إلا من بعض السيول التي تجتاح الأحواض على فترات منقطعة، ويبدو أن هذه الظروف ستستمر لفترة من

الزمن تظل فيها أحواض التصريف قابعة في بداية مرحلة التعرية النهرية. وتسهم المنحنيات الهيسومترية Hypsometric Curves في مقارنة المرحلة الجيومورفولوجية لأحواض التصريف عن طريق قياس مساحة المنطقة الموجودة أسفل المنحنى لكل حوض من الأحواض، ويتضح من شكل (7) أن هناك واديان يعيشان مرحلة الشباب المبكر Early Youth Stage بكل سماتها وخاصة شدة الانحدار وضيق الأودية وزيادة معدلات النحت الرأسى وانتشار بعض المساقط المائية وهما وادي تيم وأم لحيين، بينما تمر بقية الأودية بمرحلة الشباب المتأخر Late Youth Stage والنضج المبكر Early Maturity Stage، وان تباينت خصائصها داخل كل مرحلة، فبينما يعيش وادي البطان والخنق مرحلة الشباب المتأخر فإن وادي لواء يعيش بمرحلة النضج المبكر، إذ يجري هذا الوادي فوق صخور حرة رهط البركانية، والتي تتسم بانخفاض مناسيبها بشكل عام وان وجدت بعض الكتل المنعزلة بالحوض، بينما يمثل وادي تيم وأم لحيين مرحلة الشباب المبكر بسبب تضرس حوضيهما وخاصة في مناطق المنابع في جبال تيم كما يتسم الواديان بقصر مجاريهما وشدة الانحدار. ويعتقد ستراهلر أن هذه المرحلة تمثل مرحلة عدم توازن إذ تجنح فيها الأودية إلى النحت التراجعي والرأسي بغية توسيع أحواضها، وهو ما لا يتحقق حالياً بسبب ظروف الجفاف التي تسود المنطقة (Strahler, 1957, p. 919).

تعد درجة الوعورة⁽¹⁾ من المعاملات التضاريسية التي تأخذ في اعتبارها شبكة التصريف، فهو يعبر عن العلاقة بين درجة تضرس الحوض وكثافة التصريف، وتشير القيم المرتفعة (التي تزيد عن الواحد الصحيح) إلى أحواض —

$$Rh = H(D/1000)$$
(1) درجة الوعورة يمكن استخراجها من المعادلة التالية حيث H تمثل المدى التضاريسي، D تمثل كثافة التصريف شديدة التضرس، أما الأحواض التي تتراوح درجة وعورتها بين 0.6 - 1.0 فتتسم بقلة تضرسها (تراب، 1988، ص 88).



شكل (7) : المنحنيات الهيسومترية لأحواض التصريف.

وتتراوح درجة وعورة الأحواض بمنطقة الدراسة بين 0.25-0.49، أي أنها متوسطة التضرس، وبلغ المتوسط العام نحو 0.38 في حين بلغ معامل الاختلاف نحو 31%، وتعزى هذه القيم المنخفضة إلى انخفاض كثافة التصريف بالأحواض

بسبب انتهاء فترات المطر ونشاط عمليات التجوية بسبب حالة الجفاف الحالية، كما توحى القيم المرتفعة لهذا المعامل بزيادة احتمالية تعرض حوض التصريف للجريان السيلي في حال سقوط المطر.

ويلاحظ أن درجة الوعورة تزيد في الأحواض التي تزيد بها أعداد مجاري الرتب الدنيا وخاصة الرتبتين الأولى والثانية، وبلغ معامل الارتباط بين درجة الوعورة ومجاري الرتبة الأولى نحو 0.95، وبين درجة الوعورة ومجاري الرتبة الثانية 0.94

- الانحدارات :

تم إنشاء خريطة الانحدارات تبعا لتصنيف (Young, 1972)، وتبعا لتصنيف (Tang, 2000) الأحدث، ويتضح ذلك من خلال الجدولين التاليين.

جدول (5) : فئات الانحدار طبقا لتصنيف Young.

درجة الانحدار	وصف الانحدار	المساحة (كم ²)	النسبة %	النسبة التراكمية %
2 - 0	لطيف جدا	336.68	60.26	60.26
2 - 5	لطيف	153.76	27.52	87.78
5 - 10	متوسط	46.7	8.36	96.14
10 - 18	فوق المتوسط	18.21	3.26	99.4
18 فأكثر	شديد	3.36	0.6	100

جدول (6) : فئات الانحدار طبقا لتصنيف Tang.

درجة الانحدار	وصف الانحدار	المساحة (كم ²)	النسبة %	النسبة التراكمية %
7.5 - 0	لطيف جدا	525.69	92.02	92.02

98.31	6.29	35.90	لطيف	15 - 7.5
99.77	1.46	8.33	شبه متوسط	22.30 - 15
100	0.23	1.32	متوسط	22.30 فأكثر

وتبعاً لتصنيف Young تتركز الانحدارات اللطيفة Very Gentle Slope في الأجزاء الغربية للمنطقة، وتحتل أغلب سطح وادي لواء الذي يمثل جزءاً من حرة رهط (بني سليم)، كما ينتشر هذا النمط من الانحدارات في الأجزاء الشرقية للمنطقة، وخاصة في منطقة الحار العليا ومنطقة حمراء الرزايا، وتتمثل في الأجزاء الوسطى والدنيا لشعيب صماخ - أكبر روافد وادي الخنق - كما يتمثل هذا النمط في الأجزاء الوسطى لقاع الفريح، وتبلغ مساحة هذا النمط من الانحدارات نحو 336 كم² بنسبة 60% من مساحة المنطقة.

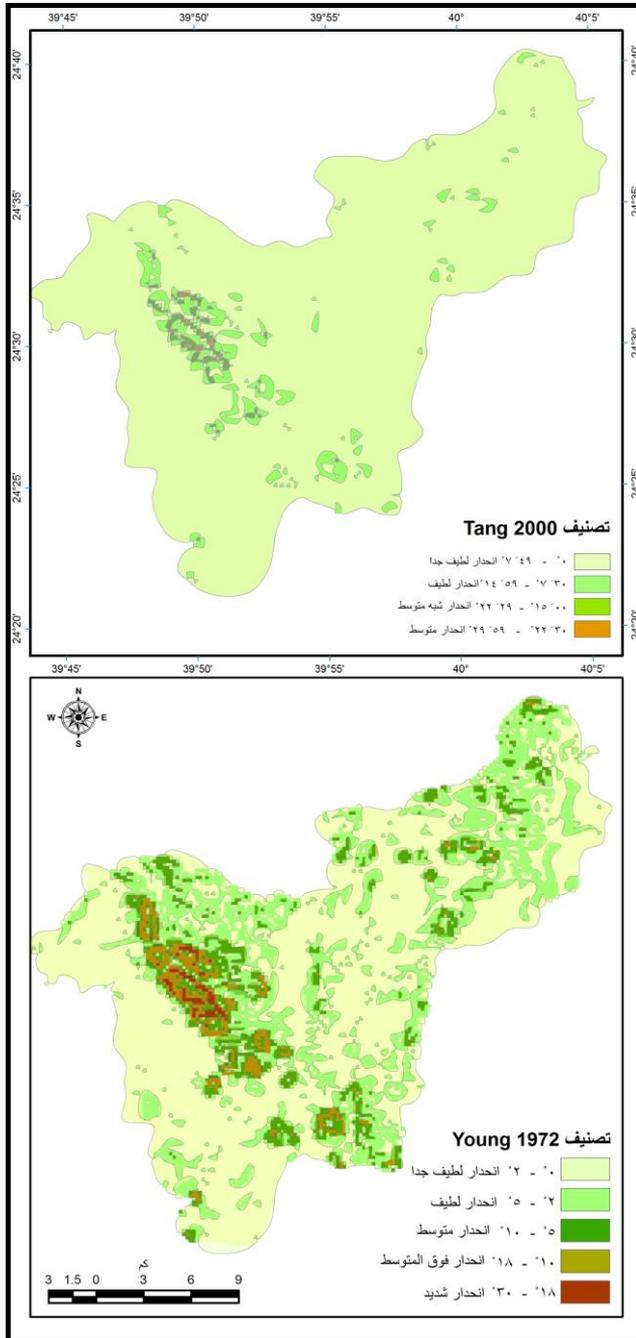
أما فئة الانحدارات اللطيفة Gentle Slope (2-5°) فتبلغ مساحتها نحو 154 كم² بنسبة 27% من مساحة المنطقة، ولا يمثل هذا النمط نطاقاً متصلاً كسابقه ولكنه يتناثر في أرجاء المنطقة، إذ يظهر في الأجزاء الشمالية الشرقية حول شعيب البديعة وشعيب صماخ ومنطقة حزم صماخ وهي جزء من حرة القفيف التي تقع شرق المنطقة، وتنتشر الانحدارات اللطيفة عند أقدام جبال العُبي التي تقع جنوبي المنطقة والأجزاء الشرقية لجبال تيم وجبال الثعلبي. ونقل هذه الانحدارات في الأجزاء الغربية للمنطقة والتي تشغلها الانحدارات اللطيفة جداً كما سبق ذكره. وتتركز الانحدارات المتوسطة (5-10°) حول الجبال والتلال بالمنطقة، وتحتل هذه الانحدارات مساحة تبلغ 46.7 كم² بنسبة 8% من المساحة الإجمالية، وتوجد حول جبال تيم والثعلبي والفرائد والعُبي في غربي منطقة الدراسة، أما في وسط المنطقة فتكاد تختفي هذه الانحدارات إلا من بعض البقع المتناثرة. وتتركز الانحدارات فوق المتوسطة (10 - 18°) بصورة رئيسية في الأجزاء

الغربية للمنطقة وخاصة على جوانب تيم والثعلبي والفرائد والغبي، كما تظهر أيضا في بقعة صغيرة على جوانب جبل الملساء - 941 متر - في أعالي وادي لواء، ويعد هذا الجبل أعلى نقطة بحوض لواء، وتشغل هذه الفئة مساحة تبلغ نحو 18 كم² بنسبة 3% من مساحة المنطقة.

وتشغل فئة الانحدارات الشديدة (18° فأكثر) مساحة صغيرة لا تتعدى 3 كم² بنسبة ضئيلة تبلغ 0.6% فقط من مساحة المنطقة، وتوجد أساسا على منحدرات جبل تيم في غربي المنطقة، وتصل هذه الانحدارات أحيانا لانحدارات شديدة جدا وجروف تزيد انحداراتها على 80 درجة، وخاصة في الواجهات الحرة Free Faces في أعالي الجبال.

أما تصنيف (Tang, 2000)، فيصنف الانحدارات إلى أربع فئات تبدأ بالانحدارات اللطيفة جدا Very Gentle Slope (صفر - 7.5°)، وتشغل هذه الانحدارات مساحة كبيرة من المنطقة تبلغ 525 كم² بنسبة 92%، وتنتشر كناطق متصل في المنطقة لا يقطعه إلا الانحدارات الشديدة بجبال تيم والفرائد والغبي وبعض البقع المتناثرة شرقي المنطقة.

أما الانحدارات اللطيفة Gentle Slope (7.5-15°)، فتشغل مساحة تبلغ 36 كم² بنسبة 6% تقريبا، وتنتشر بصورة أساسية عند أقدام الجبال الرئيسية بالمنطقة وبعض البقع المتناثرة حول التلال المنتشرة في شمال شرقي المنطقة.



شكل (8) : درجات الانحدار بمنطقة الدراسة.

أما الانحدارات شبه المتوسطة (15-22.30°) فتغطي مساحة تبلغ 8 كم² بنسبة 1.5%، وتوجد على جوانب جبال تيم والمنحدرات الشمالية لجبال الفرائد. أما الانحدارات المتوسطة والشديدة والشديدة جدا (أكثر من 22.30°) فلا تشغل سوى 1.3 كم² بنسبة 0.23% من مساحة المنطقة، وتوجد على جوانب جبال تيم والواجهات الحرة Free Faces لهذه الجبال.

رابعاً : خصائص شبكات التصريف بقاء الفريخ.

تضم المنطقة خمسة أحواض تنتهي إلى قاع الفريخ وهي الخنق - لواء - البطان - تيم - أم لحيين، وكما أشرنا فإن الأبعاد المساحية والشكلية التضاريسية تتباين لهذه الأحواض، كما تتباين الخصائص المورفومترية لشبكات تصريف هذه الأحواض، وقد تم استخلاص شبكة التصريف من نموذج الارتفاع الرقمي ومقارنتها مع المراثيات الفضائية والخرائط الطبوغرافية⁽¹⁾، وقد صنفت شبكات التصريف طبقاً لنموذج ستراهلر (Strahler, 1957)، ومن خلال جدول (7) الذي يوضح متغيرات شبكات التصريف لأحواض المنطقة يتضح ما يلي :

- بلغ إجمالي أعداد المجاري على مستوى منطقة الدراسة 471 مجرى استحوذ فيها وادي الخنق على النصيب الأكبر إذ بلغ عدد مجاريه 324 مجرى بنسبة 69%، ويليه وادي لواء الذي بلغ عدد مجاريه 91 مجرى بنسبة 19%، وبلغ أعداد مجاري وادي البطان 44 مجرى بنسبة 9%، أما واديي أم لحيين وتيم فيبلغ عدد مجاريهما 12 مجرى فقط.

(1) لمزيد من التفاصيل يمكن مراجعة الباحث في بحثه "التحليل الكمي المقارن لكثافة التصريف مع التطبيق على حوض الفريخ بالمدينة المنورة، مجلة بحوث جغرافية، الجمعية الجغرافية السعودية، العدد 97، 2012م.

جدول (٧) : متغيرات شبكة التصريف بأحواض قاع الفريخ بالمدينة المنورة.

أعداد المجاري النهارية						الوادي
الإجمالي	عدد مجاري الرتبة الخامسة	عدد مجاري الرتبة الرابعة	عدد مجاري الرتبة الثالثة	عدد مجاري الرتبة الثانية	عدد مجاري الرتبة الأولى	
٣٢٤	١	٤	١١	٥٣	٢٥٥	الحنق
٩١		١	٣	١٤	٧٣	لواء
٤٤			١	٧	٣٦	البطان
٩				١	٨	أم الحنين
٣				١	٢	وادي يتم
	١	٥	١٥	٧٦	٣٧٤	الإجمالي
		٢,١٢	٥,٢٩	٢١,٨٠	١٠٤,٥٧	الانحراف المعياري
		١٠٦,٠٧	١٠٥,٨٣	١٤٥,٣٣	١٣٩,٤٣	معامل الاختلاف %

تابع جدول (٧)

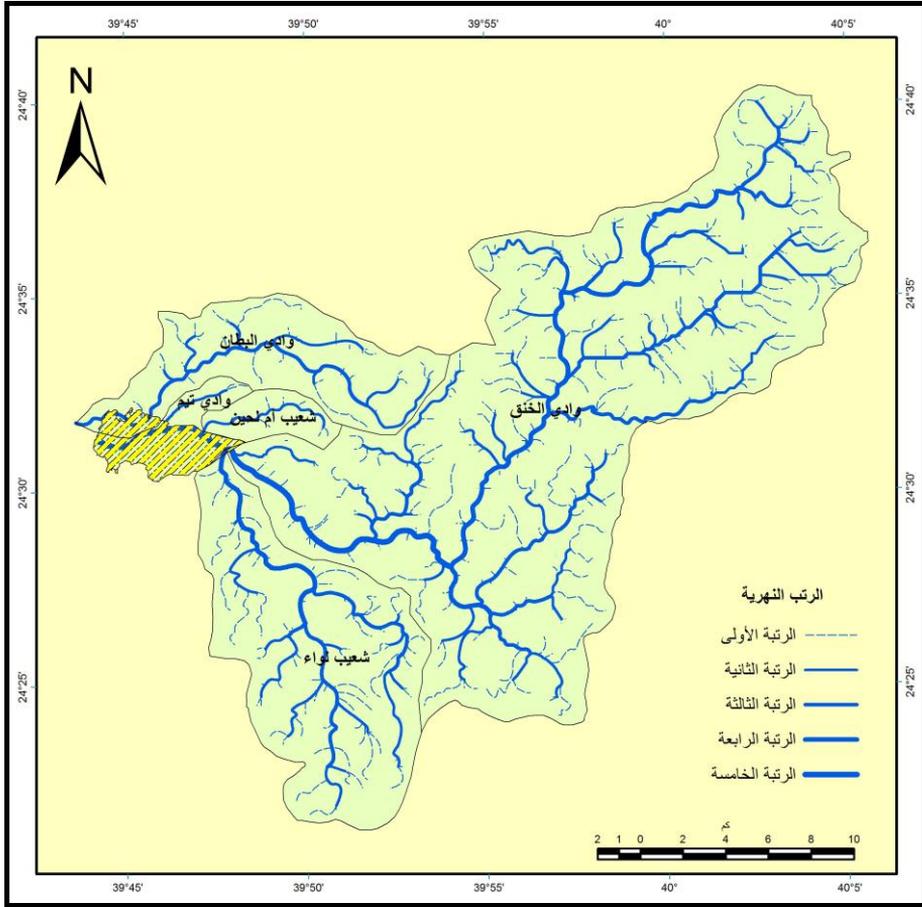
الإجمالي	إجمالي أطوال المجاري النهارية (كم)						الوادي
	إجمالي أطوال الرتبة الخامسة	إجمالي أطوال الرتبة الرابعة	إجمالي أطوال الرتبة الثالثة	إجمالي أطوال الرتبة الثانية	إجمالي أطوال الرتبة الأولى	إجمالي أطوال الرتبة الأولى	
٤١٦,٣٢	٢١,١٣	٣٢,٧	٥٦,٢١	٩٣,٣٩	٢١٢,٨٩	الخندق	
١٢٩,٥٢		١١,٥٥	١٦,٨٦	٢٧,٢	٧٣,٩١	لواء	
٦٢,٤١			١٧,٦٩	١٧	٢٧,٧٢	البيطان	
١٠,٨٩				٧,٢٢	٣,٦٧	أم لحنين	
٥,٤٦				٣,٩	١,٥٦	وادي تيم	
١٢٤,٩٢	٢١,١٣	٢٢,١٣	٣٠,٢٥	٢٩,٧٤	٦٣,٩٥	المتوسط	
٢٠٢,٨٠		١٤,٩٦	٢٢,٤٨	٣٦,٧٣	٨٨,٢١	الانحراف المعياري	
١٦٢,٣٤		٦٧,٥٩	٧٤,٣٢	١٢٣,٤٨	١٣٧,٩٣	%معامل الاختلاف	

تابع جدول (٧)

متوسط أطوال المجاري النهارية (كم)						الوادي
المتوسط	متوسط أطوال الرتبة الخامسة	متوسط أطوال الرتبة الرابعة	متوسط أطوال الرتبة الثالثة	متوسط أطوال الرتبة الثانية	متوسط أطوال الرتبة الأولى	
٧,٤٠	٢١,١٣	٨,١٧٥	٥,١١	١,٧٦٢١	٠,٨٣٤٩	الخنق
٥,٠٣		١١,٥٥	٥,٦٢	١,٩٤٢٩	١,٠١٢٥	لواء
٦,٩٦			١٧,٦٩	٢,٤٢٨٦	٠,٧٧	البطان
٣,٨٤				٧,٢٢	٠,٤٥٨٧	أم لحنين
٢,٣٤				٣,٩	٠,٧٨	وادي تيم
٥,١٢	٢١,١٣	٩,٨٦	٩,٤٧	٣,٤٥	٠,٧٧	المتوسط
٢,١٢		٢,٣٩	٧,١٢	٢,٢٧	٠,٢٠	الانحراف المعياري
٤١,٤٥		٢٤,٢٠	٧٥,١٦	٦٥,٧٣	٢٥,٩٣	معامل الاختلاف %

- وعلى مستوى مجاري الرتبة الأولى فقد بلغ عددها 374 مجرى بنسبة 79% من إجمالي أعداد المجاري بالمنطقة، وتتركز أكبر نسبة بحوض وادي الخنق، إذ بلغ عدد مجاري الرتبة الأولى به 255 مجرى بنسبة 78% من إجمالي عدد مجاريه، ويبلغ عدد مجاري الرتبة الأولى بحوض وادي لواء 19.5% من إجمالي أعداد الرتبة الأولى على مستوى المنطقة، ويليه وادي البطان 9% ثم وادي أم لحيين 2% فقط.
- يبلغ عدد مجاري الرتبة الثانية 76 مجرى بنسبة 16% من إجمالي أعداد المجاري، ويتصدر وادي الخنق قائمة الأودية الأكثر استحوادا على مجاري هذه الرتبة حيث بلغ عدد المجاري 53 مجرى بنسبة 70% تقريبا (شكل 9)، ويليه وادي لواء بنسبة 18% ثم وادي البطان بنسبة 9%.
- أما الرتبة الثالثة فلا تتمثل إلا في أودية الخنق ولواء والبطان، وبلغ عدد مجاريها 15 مجرى بنسبة 3.2% من إجمالي أعداد المجاري، ويتصدر وادي الخنق بنسبة 73% ويليه وادي لواء بنسبة 20%.
- ويبلغ عدد مجاري الرتبة الرابعة 5 مجاري فقط يستأثر منها وادي الخنق بأربعة مجاري، ولا يصل إلى الرتبة الخامسة سوى وادي الخنق، ويوضح شكل (10) العلاقة الخطية بين أعداد المجاري النهرية والرتبة النهرية على رسم نصف لوغاريتمي تأسيسا على ما ذكره هورتون (Horton, 1945).

ويلاحظ أن الأحواض الكبيرة تستأثر بالنسبة الأكبر من المجاري النهرية وخاصة مجاري الرتبتين الأولى والثانية، وبلغ معامل الارتباط بين أعداد المجاري ومساحة الأحواض 0.99. ونستطيع القول أن الأحواض كبيرة المساحة تحتوي على عدد كبير من المجاري، مع ثبات بقية العوامل الأخرى كالعوامل الجيولوجية والمناخية والتضاريسية.



شكل (9) : شبكة التصريف بأحواض قاع الفريح.

وقيست أطوال المجاري بواسطة استخدام جدول AAT⁽¹⁾ المشتق من نظم المعلومات الجغرافية. وقد بلغ إجمالي أطوال مجاري الأحواض مجتمعة نحو 624.6 كم، وتمثل أطوال مجاري الرتبة الأولى نحو 51.2 من إجمالي أطوال — (1) AAT هو ARC Attribute Table الجدول المتصل بخريطة الأودية والتي من الممكن الحصول على الأطوال ومتوسطاتها لكل حوض من الأحواض.

المجاري وتمثل الرتبة الثانية 23.8% والثالثة 14.5% والرابعة 7% والخامسة

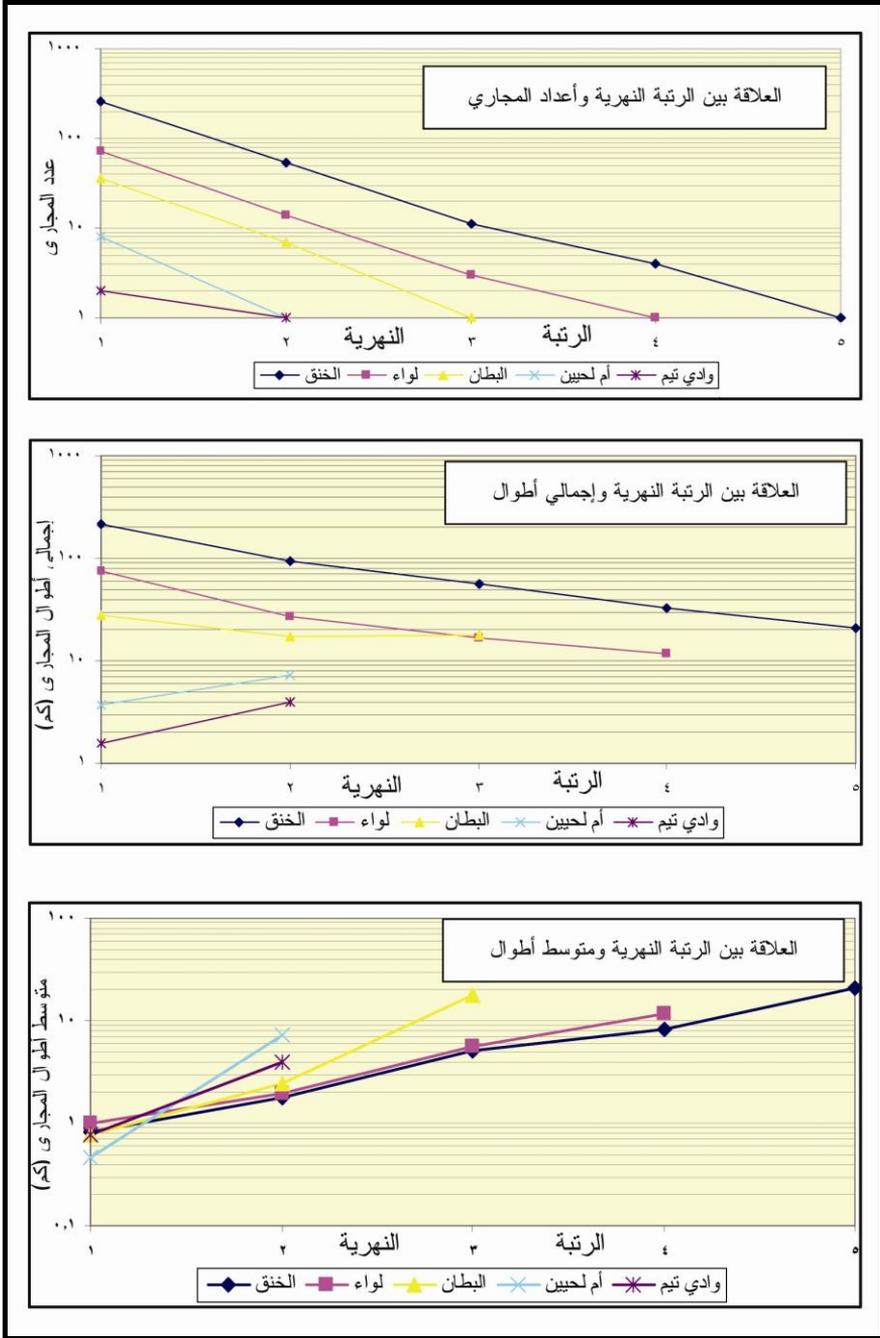
3.4%. وأوضح ستراهلر أن هناك علاقة عكسية بين الرتبة النهرية وإجمالي أطوال المجاري، ولكنه لم يحدد قانون رياضي، كما هو الحال في العلاقة بين الرتبة وأعداد المجاري (Strahler, 1957, p. 915).

وتتباين نسبة أحواض التصريف فيما تضمه من أطوال المجاري، وكالعادة يحتل وادي الخنق المرتبة الأولى من حيث أطوال المجاري وتبلغ نسبة أطوال مجاريه - بجميع رتبته النهرية - نحو 66.6% ويليه وادي لواء بنسبة 20.6% ثم وادي البطان بنسبة 10%، ثم وادي أم لحيين بنسبة 1.7%، ووادي تيم بنسبة 1.1%.

وبدراسة متوسط أطوال المجاري النهرية على مستوى المنطقة، فقد بلغت (0.77)، 3.34، 9.47، 9.86، 21.13 كم) للرتب من الأولى للخامسة على التوالي.

وعلى مستوى أحواض الروافد، فقد بلغ متوسط أطوال المجاري (7.4، 5.03، 6.69، 3.84، 2.34 كم) لأودية الخنق ولواء والبطان وأم لحيين وتيم على التوالي، وتبين ارتفاع متوسط أطوال المجاري في أحواض الخنق، لواء والبطان، ويرجع ذلك لأنها تصل للرتب الخامسة والرابعة والثالثة على التوالي مقارنة بواديي أم لحيين وتيم اللذين يصلان إلى الرتبة الثانية فقط، ويضاف إلى ذلك أن واديي لواء والبطان يميلان للشكل المستطيل، وهو ما أدى إلى زيادة أطوال مجاريها.

وبدراسة العلاقة بين الرتبة النهرية ومتوسط أطوال المجاري اتضح وجود علاقة طردية بلغت قيمتها 0.95، وجاءت العلاقة طردية أيضا بين مساحة حوض التصريف ومتوسط أطوال المجاري وبلغت 0.72 وهذا يعني أن الأحواض كبيرة المساحة تميل إلى تكوين مجاري نهرية أكثر طولاً من نظيرتها صغيرة المساحة، وهذا يمكن تفسيره بأن الأحواض كبيرة المساحة استطاعت أن تطور شبكة مجاريها النهرية وكونها قطعت مرحلة أكبر في دورة التعرية مقارنة بالأحواض صغيرة المساحة وهذا يتحقق في منطقة الدراسة عند مقارنة وادي الخنق بوادي تيم على سبيل المثال.



شكل (10) : العلاقة بين الرتب النهرية وأعداد المجاري وأطوالها.

تعد نسبة التشعب⁽¹⁾: أهم المعاملات المورفومترية لشبكة التصريف كما أشار هورتون عام 1945 (Horton, 1945, pp. 38-39)، ويقرر ستراهلر أن نسبة التشعب تتراوح بين 3-5 بين كل شعبة والتي تليها (Strahler, 1957, p. 914).

وبلغ متوسط نسبة التشعب على مستوى الأحواض 4.89 بانحراف معياري بلغ 2.26 بينما بلغ معامل الاختلاف نحو 46%، وعلى مستوى الأحواض بلغت نسبة التشعب (4.1، 4.3، 6.1، 8، 2) لأحواض الخنق ولواء والبطان وأم لحيين وتيم على التوالي، والملاحظ ارتفاع النسبة في وادي أم لحيين وانخفاضها بالنسبة لوادي تيم، فالوادي الأول يتسم بارتفاع مجاري الرتبة الأولى بسبب اتجاه الوادي لتكوين مسيلات صغيرة وقصيرة لا تلبث أن تصب في المجرى الرئيسي الذي يصل للرتبة الثانية، أما وادي تيم فيتسم بقلة روافد الرتبة الأولى، ومن ثم فإن نسبة التشعب بالنسبة للواديين الأخيرين ينبغي أن تؤخذ بكثير من الحذر.

ويستخدم معامل تكرارية المجاري⁽²⁾ لقياس النسبة بين أعداد المجاري النهرية ومساحة الحوض (جودة، عاشور، 1991، ص 340).

وتشير قيم معامل تكرارية المجاري إلى قيم منخفضة تقل عن الواحد الصحيح في كل الأحواض إذ بلغت (0.6، 0.78، 0.7، 0.8، 0.9) لأحواض الخنق - لواء - البطان - أم لحيين - تيم) على التوالي، وبلغ المتوسط العام 0.76، وبالرغم من أن هذه النسبة لا تقدم مؤشرا كميًا على الجريان السطحي للأحواض، إلا أنه يمكن استخدامها لحساب معامل يسمى حدة التصريف Drainage Intensity⁽³⁾.

- (1) يعبر عنه بإجمالي عدد المجاري لرتبة نهرية ما منسوبا للرتبة النهرية التي تليها.
- (2) يعبر عن تكرارية المجاري بقسمة عدد المجاري لكل شعبة نهرية على المساحة.
- (3) حدة التصريف = تكرارية التصريف ÷ كثافة التصريف.

ولا عجب أن الأرقام المتواضعة لتكرارية المجاري تشير إلى أثر عاملي الصخر والمناخ في قلة أعداد المجاري المائية بالمنطقة خاصة المناخ الجاف الحالي. وجاءت العلاقة عكسية قوية (-0.83) بين تكرارية المجاري والرتبة النهرية، بمعنى أن تكرارية المجرى تقل في الرتب الأعلى أي صوب مصبات الأودية. ويعزى ذلك لزيادة أعداد مجاري الرتبتين الأولى والثانية بسبب زيادة الطاقة النهرية وزيادة الانحدار وقدرة الأودية على تكوين مسيلات كثيرة، وقد بلغت تكرارية المجاري (4.9، 0.61، 0.13، 0.02، 0.01) للرتب من الأولى للخامسة على التوالي.

وطبقا لما قرره (Schumm and Lichty, 1965)، فإن نسبة النسيج⁽¹⁾ Texture Ratio من العوامل المهمة عند تحليل مورفومترية أحواض التصريف إذ أنها تعتمد على العامل الصخري وطاقة التسرب والتضاريس، ويضيف شوم أنه يمكن حساب هذا المعامل بقسمة عدد مجاري الرتبة الأولى على محيط الحوض، على الرغم من أن أغلب الدراسات الجغرافية تعتمد على إجمالي أعداد المجاري لكل الرتب النهرية. وتتراوح نسبة النسيج Texture Ratio لأحواض المنطقة (2.3، 1.44، 0.81، 0.51، 0.18) لأحواض الخنق - لواء - البطان - أم لحيين - تيم على التوالي، بمتوسط عام 1.05. وبناء على تصنيف موريساوا (Morisawa, 1968, p. 160) فإن جميع الأحواض تقع في فئة النسيج الخشن وهي الأحواض التي يقل معدلها عن 8 مجرى/كم، كما أن الأحواض تنتمي لفئة التصنيف الخشن طبقا لتصنيف ستراهلر لأنها تقل عن 5 مجرى/كم (Strahler, 1957, p. 32).

وتتسجم هذه الأرقام مع ظروف منطقة الدراسة من حيث نوع الصخر والنبات الطبيعي وكمية التساقط ومساحة الحوض والمرحلة الجيومورفولوجية، أما عن نوع الصخر فإن أغلب الصخور تنتمي للصخور النارية الصلبة يصعب —
(1) نسبة النسيج = عدد مجاري الرتبة الأولى على المحيط.

نحتها بسهولة، كما أن الأمطار شحيحة وانعكس ذلك على ندرة النبات الطبيعي وأغلب

الأحواض ذات مساحات محدودة لم تقطع سوى شوط محدود في مرحلة التعرية. واقتراح شوم معامل معدل بقاء المجاري⁽¹⁾ Maintenance عام 1956، وهو يوضح مقدار المساحة اللازمة لإمداد مجاري شبكة التصريف بالمياه، ويمكن اعتباره كمقلوب لكثافة التصريف (Schumm, 1956, p. 607).

وبلغ معدل بقاء المجاري لأحواض المنطقة زهاء 1.1 وبلغ الانحراف المعياري 0.1، في حين سجل معامل الاختلاف 9% مما يدل على تجانس أحواض المنطقة تبعاً لهذا المقياس، ويدل ذلك على أن أحواض المنطقة لم تكتمل بعد في صورتها النهائية، وبالتالي تقل أعداد وأطوال المجاري.

وبدراسة العلاقة بين الرتبة النهرية ومعدل بقاء المجاري سجلت علاقة طردية قوية في أحواض الخنق، لواء، البطان وبلغت (0.98، 0.99، 0.82) للأحواض الثلاثة السابقة على الترتيب، أما الحوضيين الأخيرين - أم لحيين وتيم - فتظهر العلاقة غير طبيعية بسبب قلة الرتب النهرية لهذين الواديين.

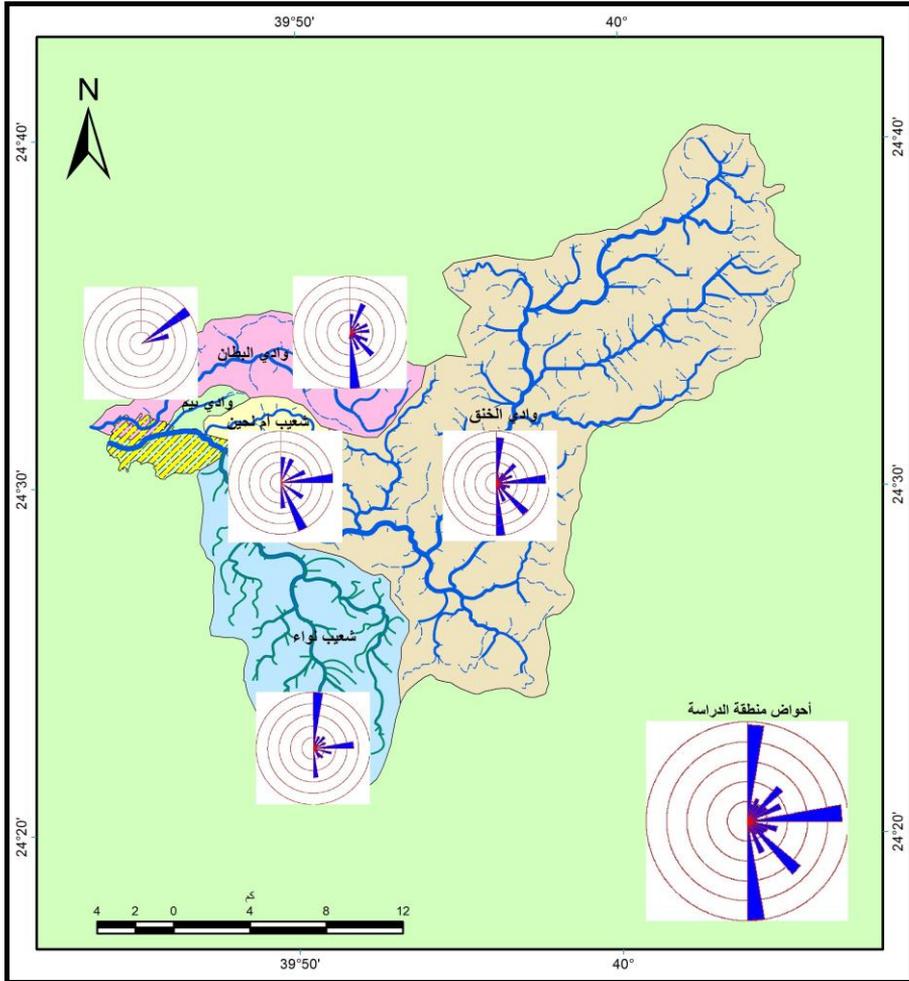
وتم الاعتماد على Rose Diagram عند حساب اتجاهات مجاري شبكات تصريف الأحواض، وتمثل اتجاهات المجاري دلالة مهمة لأنها تساعد في استبيان أثر العوامل الصخرية والهيدرولوجية، ويتضح من شكل (11) ما يلي :

- تتمثل الاتجاهات الرئيسية لمجاري الأحواض في أربعة اتجاهات رئيسة هي: الشمالية الجنوبية، الشمالية الغربية، الجنوبية الشرقية، الشرقية الغربية إلى جانب بعض الاتجاهات الفرعية وأهمها الشمالية الشرقية والجنوبية الغربية.

(1) يعبر عن معدل بقاء المجاري بقسمة المساحة على مجموع أطوال المجاري النهرية.

- وعلى مستوى أحواض الروافد يعد وادي الخنق أكثر الأودية تمثيلاً لاتجاهات

مجري منطقة الدراسة إذ تتمثل فيه الاتجاهات الرئيسية التي ذكرت آنفاً، أما وادي لواء فيتمثل فيه الاتجاه الجنوبي الشمالي ويشغل نحو 60% من نسبة الاتجاهات، وينطبق ذلك مع الاتجاه العام للوادي من الجنوب للشمال.



شكل (11) : اتجاهات مجاري شبكة التصريف.

- وتتأثر اتجاهات مجاري شبكة التصريف المنطقة بما يلي :
- اتجاه الصدوع والالتواءات القديمة.

- اتجاه الانحدار .
- عمليات الرفع والنشاط البركاني بالمنطقة.

فبالنسبة للصدوع والطيات فقد تأثرت المنطقة بنظام انكسارات نجد Najd Fault Systems والتي تظهر بصورة رئيسية في صخور العريفي، وتسببت هذه الانكسارات في حدوث زحزحة أفقية ورأسية أثرت على اتجاه المجاري بالمنطقة كما أثرت على الأشكال الأرضية الأخرى (العوضي، 2002، ص ص 24-25)، كما تأثرت المنطقة بحدوث طيات قديمة سبق الإشارة إليها عند الحديث عن الملامح الجيولوجية للمنطقة.

ولا شك أن الانحدار قد تحكم أيضا في اتجاهات المجاري وخصائصها الهيدرولوجية والتضاريسية، فنجد وادي الخنق تقع منابعه في مناطق جبلية مرتفعة (جبال السدير)، وانعكس ذلك على اتجاهات المجاري التي تنحدر بصفة عامة من الشمال الشرقي صوب الجنوب الغربي في مناطق المنابع الشمالية للحوض. أما وادي لواء الذي يجري في منطقة شبه سهلية غربي المنطقة ويجري من الشمال للجنوب، فقد أدى ذلك إلى تكوين مجاري أقل انحدارا وأكثر طولاً من نظيرتها بوادي الخنق.

وقد تعرضت المنطقة لعمليات رفع بدأت في نهاية الإيوسين واستمرت حتى البليستوسين، وأدى ذلك إلى تجديد شباب الأودية خاصة مع فترات المطر التي حدثت خلال الزمن الرابع وخاصة الفترة المطيرة خلال البليستوسين الأعلى والتي كانت أغزر مطرا وغطت المنطقة كلها ونشطت معها الأودية وخاصة وادي الخنق أكبر أودية المنطقة (Anton, 1984, pp. 285-286).

وقد أدت هذه الفترات المطيرة إلى زيادة نشاط الأودية، ويبدو أن هذه الفترات المطيرة قد سبق أو حدث خلالها نشاطا بركانيا أدى إلى اندفاع اللافا نحو شمالي شرقي المدينة، مما أدى إلى انغلاق وادي الخنق وروافده لفترة من الزمن، إلا أن

استمرار الفترات المطيرة عمل على تغيير هذه الأودية لمساراتها صوب الشمال، لتجري بمحاذاة جبل أحد وتنتهي عند مجمع الأسياح بزغاية في شمال غرب المدينة المنورة، ومن هنا نجد أن تكوين قاع الفريح (العاقول) كان بسبب الفترات المطيرة وكذلك النشاط البركاني بالمنطقة.

يعتبر كثير من الباحثين أن **كثافة التصريف** ⁽¹⁾ أهم المتغيرات المورفومترية لشبكة التصريف على الرغم من بساطة حسابها لأنها تعد محصلة لمدخلات ومخرجات حوض التصريف فهي تتأثر بالعامل الليثولوجي والمناخي والتضاريسي وأيضا العوامل البشرية في حالة وجودها، كما أن كثافة التصريف تعبر عن العمليات الجيومورفولوجية السائدة بحوض التصريف، ويرى كل من (Schumm, 1989; Montgomery & Dietrich, 1974; Mosley, 1956) أن أحواض التصريف التي تجري بالمناطق المرتفعة لديها قوة نحت كامن Potential Erosion أكبر من تلك الأحواض التي تجري في مناطق منخفضة التضاريس وأن ذلك يؤدي إلى زيادة النحت الرأسى والتراجعي بأحواض المرتفعات، إلا أن هذه العلاقة لا تنطبق بالضرورة في كل منطقة، ففي دراسة عن أحواض التصريف بمرتفعات أوزارك وأواشيتا Ozark & Ouachita في جنوبي الولايات المتحدة اتضح أن مرتفعات أوزارك سجلت كثافة تصريفية مرتفعة على الرغم من انخفاض التضاريس بها مقارنة بمرتفعات أواشيتا وبوسطن، ويشير ذلك إلى أن هناك عوامل أخرى تتحكم في كثافة التصريف في مرتفعات أوزارك (Splinter et al., 2010).

(1) كثافة التصريف = إجمالي أطوال مجاري الشبكة ÷ مساحة حوض التصريف.

وفي دراسة للباحث عن التحليل الكمي المقارن لكثافة التصريف بحوض وادي العاقول والتي اعتمدت على مقارنة حساب كثافة التصريف من المصادر التقليدية (الخرائط الطبوغرافية) والمصادر الحديثة (صور الأقمار الصناعية وأنموذج الارتفاع الرقمي). وجاءت كثافة التصريف بأحواض المنطقة كما

يوضحها الجدول التالي :

جدول (8) : كثافة التصريف بأحواض قاع الفريح.

كثافة التصريف (كم/كم ²)	الحوض
1.16	الخنق
1.17	لواء
1.04	البطان
0.94	أم لحيين
1.05	تيم
1.1	المتوسط
0.1	الانحراف المعياري
9	معامل الاختلاف %

ويمكننا استخلاص النتائج الآتية :

تعتبر كثافة التصريف منخفضة بشكل عام في أحواض المنطقة إذ بلغ المتوسط العام نحو 1.1 كم/كم²، وهو معدل ضئيل للغاية. ويرى (Schumm, 1977, pp. 22-23) أن كثافة التصريف ترتفع في الصخور الضعيفة والترية غير المنفذة وتنخفض في الصخور الصلبة والترية ذات النفاذية العالية، ولا نستطيع القول أن التربة بمنطقة الدراسة ذات نفاذية عالية، ومن ثم يصبح العامل الصخري ذا تأثير كبير على انخفاض كثافة التصريف بأحواض المنطقة، وعلى الرغم من ذلك فإننا لا نستطيع القول بأن هناك علاقة سببية بين نوع الصخر وبنيته وبين كثافة التصريف.

ولا يمكننا إغفال أثر المناخ بعناصره المختلفة وخاصة المطر ودرجات

الحرارة والتبخر والنتح، ومن المنطقي أن نجد علاقة وثيقة بين التساقط وكثافة التصريف (Melton , 1957).

ويعتقد الباحث أن المناخ خاصة عنصر المطر هو المحدد الرئيسي لكثافة التصريف بأحواض المنطقة فالمنطقة تتسم بكون صخورها صلبة ومتحولة مع بعض الإرسابات الحديثة والتربة ليست منفذة، أي أن الظروف مهيأة لتكوين المجاري النهرية واستطالتها، ولكن يشح المطر فتتوقف جميع عمليات النهرية إلا من ومضات محدودة خلال فترات السيول، ولكن لا يعول عليها لاستكمال شبكة التصريف ومن ثم تتخفض كثافة التصريف بالمنطقة.

وبالرغم من التشابه العام للظروف التي نشأت فيها أحواض المنطقة إلا أن الدراسة المتعمقة توضح بعض الاختلافات نلخصها فيما يلي :

ترتفع كثافة التصريف بحوضي الخنق 1.16، ولواء 1.17 كم/كم²، فبالنسبة للحوض الأول نجد أن زيادة مساحة الحوض وزيادة مجاري الرتبتين الأولى والثانية وكون الحوض قطع شوطا أكبر قليلا من بقية الأحواض في مرحلة التعرية يمكن أن تكون هذه العوامل مسؤولة عن ارتفاع كثافة التصريف مقارنة بالأحواض الأخرى، أما حوض لواء فيبدو أن العامل الصخري قد أسهم في ارتفاع كثافة التصريف نسبيا لأن الوادي يجري فوق الصخور البركانية غير المنفذة في أغلب قطاعاته، وقلة انحداره التي سمحت للأودية بتكوين مجاري طويلة نسبيا مقارنة ببقية الأحواض.

وتنخفض كثافة التصريف في أودية البطان 1.04، تيم 1.05 وأم لحيين 0.94 كم²/كم²، وهذه الأودية الثلاثة أودية تتسم بصغر مساحاتها وكونها في بدايات دورة التعرية، كما أظهرت ذلك القياسات المورفومترية للأحواض الثلاثة، كما أن توقف المطر كما أشرنا حال دون تطوير الأودية لشبكاتها وبالتالي تظل حبيسة المراحل التمهيدية لدورة التعرية.

وعند دراسة العلاقة بين كثافة التصريف ونسبة النسيج الطبوغرافي فقد بلغت 0.76 وهي علاقة طردية قوية تشير إلى الارتباط القوي بين الأودية ذات النسيج الخشن والكثافة التصريفية المنخفضة، ويرجع ذلك بصورة رئيسية بسبب قلة الأمطار وتوقف نشاط الأودية (العوضي، 2002، ص 41).

وتشير العلاقة بين تكرارية المجاري وكثافة التصريف إلى ارتباط طردي شبه متوسط بلغ 0.46 ويدل ذلك على زيادة أعداد المجاري بصفة عامة على حساب أطوالها، وجاءت العلاقة عكسية بين كثافة التصريف ومعدل التضرس وبلغت - 0.69، ويمكننا القول بأن العامل الصخري والمناخي والمرحلة الجيومورفولوجية قد أثروا على تباين كثافة التصريف بأحواض المنطقة، وأن الأودية التي تقل بها نسبة التضرس تستطيع تكوين مجاري مائية طويلة على حساب أعدادها.

أما العلاقة بين المساحة وكثافة التصريف فقد جاءت قوية طردية وبلغت 0.68، ولا شك أن عامل المساحة قد لعب دورا مهما في تطور شبكات التصريف، ويظهر ذلك جليا عند مقارنة مساحة حوض الخنق (360 كم²) وأم لحيين (11.6 كم²)، وتشير دراسة (العوضي، 2002) إلى أن الأحواض المحلية (البحيرات القديمة) ومنها حوض الفريح قد ساهم في خفض كثافة التصريف بهذه الأحواض، لأن هذه الأحواض مثلت مستوى قاعدة محلي لفترة من الزمن مما أدى ضعف النشاط النهري بهذه الأحواض (القيعان) ، خاصة مع ارتفاع مستوى القاعدة المحلي ذلك خلال الفترات المطيرة.

وصفوة القول أن كثافة التصريف بأحواض التصريف التي تنتهي إلى قاع

الفريخ هي نتاج مجموعتين من العوامل :

- **المجموعة الأولى** تشمل الظروف المناخية بعناصرها المختلفة وخاصة المطر ودرجات الحرارة والتبخر والنتح، ولا بد من ربط ذلك بصورة المناخ القديم وخاصة خلال البليستوسين والتي كان لها الأثر الأكبر في نشأة وتطور شبكات التصريف بالأحواض.
- أما **المجموعة الثانية** من العوامل فتنتمثل في العوامل التي تحكمت في توزيع المياه ومدى توفرها وتضم خليط من الخصائص الصخرية والتضاريسية والنبات الطبيعي، كذلك لا يمكن إغفال حالة الجفاف التي تمر بها أحواض التصريف بمنطقة الدراسة والتي أدت إلى توقف عمليات التعرية النهرية ونشاط عمليات التجوية.

خامساً : التحليل الحجمي لرواسب قاع الفريخ.

يمكن تلخيص أسباب دراسة تحليل الرواسب كما أجملتها (King, 1966, pp. 273-274) فيما يلي :

- معرفة العمليات الجيومورفولوجية والظروف المناخية التي سادت إبان ترسيب الرواسب.
- يقدم التحليل الحجمي للرواسب قرائن على مصدر الرواسب وأسلوب نقلها والظروف التي تمت فيها عملية الترسيب.
- ربما يساعد التحليل الحجمي في تحديد عمر الرواسب بصورة تقريبية إلا أن التحديد الزمني الدقيق يستلزم وسائل متقدمة.

وعلى الرغم من الجهود الكبيرة التي بذلت لربط ظروف بيئة الترسيب بحجم الرواسب وخصائصها المورفومترية (Mason & Folk, 1958; Klován, 1966; Chappel, 1967; Visher, 1969)، إلا أن إيجاد علاقة سببية بين حجم الرواسب وبيئة الترسيب والعمليات الجيومورفولوجية لا يزال صعباً حتى الآن. تم جمع 14

عينة من قاع الفريخ بحيث تغطي جميع أجزاء القاع، وأخذت العينات بعيدا عن المناطق التي تأثرت بالتدخل البشري.

وقد استخدمت البرامج الحديثة لتحليل الرواسب GradiStat وذلك لاستخلاص المتغيرات التالية (المتوسط، الانحراف المعياري لتصنيف الرواسب - والتفاح والالتواء)، وتم استخدام وحدة الفاي والميكرون وتظهر النتائج في جدول (10) وشكلي (12، 13).

جدول (9) : مواقع عينات التربة بقاع الفريخ.

رقم العينة	الإحداثي السيني (X)	الإحداثي الصادي (Y)	خط الطول (Long)	خط العرض (Lat)
1	575059.21	2711516.21	°39 ° 44 ° 24	°24 ° 30 ° 56
2	576017.01	2712191.38	°39 ° 45 ° 01	°24 ° 31 ° 18
3	575184.82	2713157.04	°39 ° 44 ° 32	°24 ° 31 ° 49
4	576550.87	2711445.55	°39 ° 45 ° 20	°24 ° 30 ° 53
5	577846.26	2712214.94	°39 ° 46 ° 06	°24 ° 31 ° 18
6	576904.16	2713157.04	°39 ° 45 ° 33	°24 ° 31 ° 49
7	578945.37	2712631.03	°39 ° 46 ° 46	°24 ° 31 ° 31
8	578866.87	2710927.40	°39 ° 46 ° 42	°24 ° 30 ° 36
9	578725.55	2711790.99	°39 ° 46 ° 38	°24 ° 31 ° 04
10	579965.98	2711979.41	°39 ° 47 ° 22	°24 ° 31 ° 10
11	577430.16	2710676.17	°39 ° 45 ° 51	°24 ° 30 ° 28
12	574815.83	2712317.00	°39 ° 44 ° 19	°24 ° 31 ° 22
13	576707.88	2712489.72	°39 ° 45 ° 26	°24 ° 31 ° 28
14	575875.70	2713023.57	°39 ° 44 ° 56	°24 ° 31 ° 45

جدول (4) : الخصائص التضاريسية لأحواض تصريف قاع الفريخ.

درجة الوعورة	التكامل الهيسوممري	التضاريس النسبية	نسبة التضرس متر : كم	المدى التضاريسي (متر)	أعلى منسوب (متر)	أقل منسوب (متر)	المتغير الوادي
0.49	0.85	0.38	9.32	425	1075	650	الخنق
0.35	0.37	0.59	14.78	300	950	650	لواء
0.26	0.24	0.56	11.57	250	875	625	البطان
0.31	0.04	2.07	45.65	325	975	650	أم لحيين
0.23	0.02	1.95	46.25	222	854	632	وادي تيم
0.33	0.30	1.11	25.51	304.40	945.80	641.40	المتوسط
0.10	0.34	0.83	18.76	78.64	88.04	12.03	الانحراف المعياري
31.15	111.00	74.33	73.51	25.83	9.31	1.88	معامل الاختلاف %

جدول (7) : متغيرات شبكة التصريف بأحواض قاع الفريخ بالمدينة المنورة.

أعداد المجاري النهرية						الوادي
الإجمالي	عدد مجاري الرتبة الخامسة	عدد مجاري الرتبة الرابعة	عدد مجاري الرتبة الثالثة	عدد مجاري الرتبة الثانية	عدد مجاري الرتبة الأولى	
324	1	4	11	53	255	الخنق
91		1	3	14	73	لواء
44			1	7	36	البطان
9				1	8	أم لحيين
3				1	2	وادي تيم
	1	5	15	76	374	الإجمالي
		2.12	5.29	21.80	104.57	الانحراف المعياري
		106.07	105.83	145.33	139.43	معامل الاختلاف %

تابع جدول (7)

إجمالي أطوال المجاري النهرية (كم)						الوادي
الإجمالي	إجمالي أطوال الرتبة الخامسة	إجمالي أطوال الرتبة الرابعة	إجمالي أطوال الرتبة الثالثة	إجمالي أطوال الرتبة الثانية	إجمالي أطوال الرتبة الأولى	
416.32	21.13	32.7	56.21	93.39	212.89	الخنق
129.52		11.55	16.86	27.2	73.91	لواء
62.41			17.69	17	27.72	البطان
10.89				7.22	3.67	أم لحيين
5.46				3.9	1.56	وادي تيم
124.92	21.13	22.13	30.25	29.74	63.95	المتوسط
202.80		14.96	22.48	36.73	88.21	الانحراف المعياري
162.34		67.59	74.32	123.48	137.93	%معامل الاختلاف

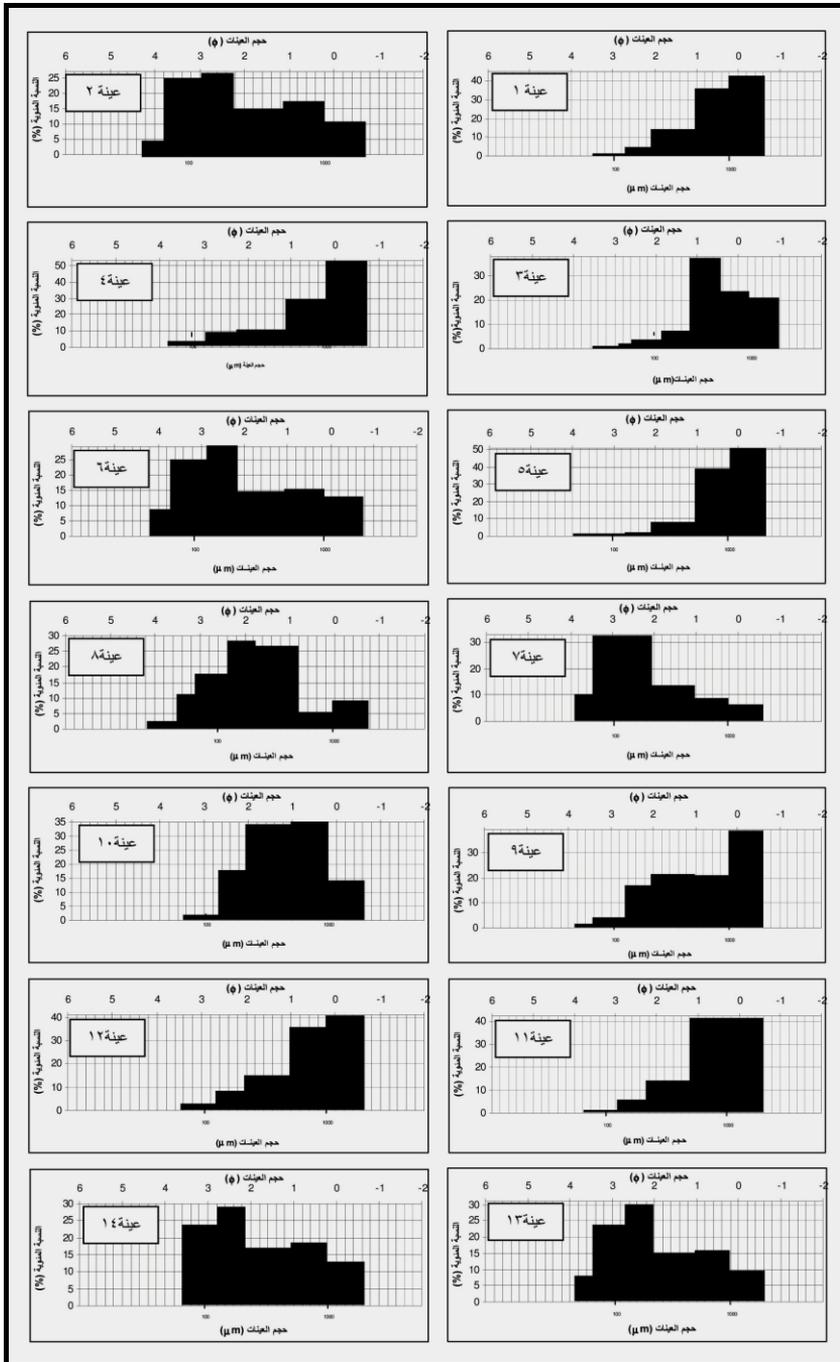
تابع جدول (7)

متوسط أطوال المجاري النهرية (كم)						الوادي
المتوسط	متوسط أطوال الرتبة الخامسة	متوسط أطوال الرتبة الرابعة	متوسط أطوال الرتبة الثالثة	متوسط أطوال الرتبة الثانية	متوسط أطوال الرتبة الأولى	
7.40	21.13	8.175	5.11	1.7621	0.8349	الخنق
5.03		11.55	5.62	1.9429	1.0125	لواء
6.96			17.69	2.4286	0.77	البطان
3.84				7.22	0.4587	أم لحيين
2.34				3.9	0.78	وادي تيم
5.12	21.13	9.86	9.47	3.45	0.77	المتوسط
2.12		2.39	7.12	2.27	0.20	الانحراف المعياري
41.45		24.20	75.16	65.73	25.93	معامل الاختلاف %

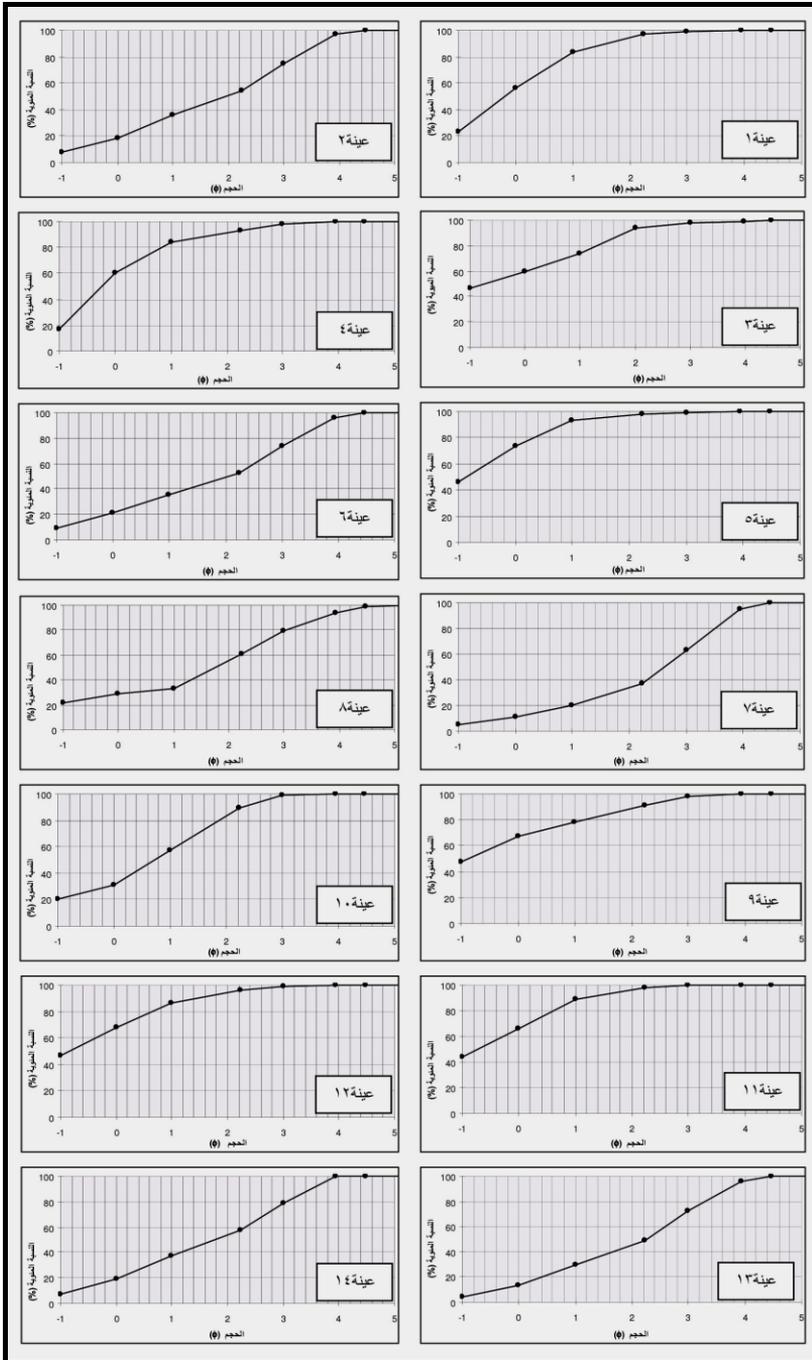
جدول (10) : التحليل الحجمي لعينات التربة بقاع الفريح.

طريقة (KRUMBEIN & PETTIJOHN, 1938; FREIDMAN & JOHNSON, 1982)								طريقة (FOLK & WARD, 1957)								صلصال وطيني	رمل ناعم جدا	رمل ناعم	رمل متوسط	رمل خشن	رمل خشن جدا	رقم العينة
التفطوح (φ)		الالتواء (φ)		الانحراف المعياري (التصنيف) (φ)		المتوسط (φ)		التفطوح (φ)		الالتواء (φ)		الانحراف المعياري (التصنيف) (φ)		المتوسط (φ)								
مديب	4.2 2	التواء موجب	1.22	متوسطة التصنيف	0.81 2	رمل خشن	0.2 7	مفطوح جدا	0.5 6	موجب جدا	0.702	متوسطة التصنيف	0.774	رمل خشن	0.05 5	0	0.5	5.1	10.9	27.4	56.2	1
مفطوح جدا	1.6 6	متماثل	0.12-	ردئ التصنيف	1.43	رمل متوسط	1.7 5	مفطوح	0.6 8	التواء سالب	0.16-	ردئ التصنيف	1.59	رمل متوسط	1.68	2.2	23.3	23.3	15	17.3	18.9	2
مديب	4.8 7	موجب جدا	1.43	متوسطة التصنيف	0.97	رمل خشن	0.5 3	مفطوح جدا	0.6 6	موجب جدا	1.43	متوسط التصنيف	0.89	رمل خشن	0.19	0.7	1.8	7.9	16.2	14.1	59.3	3
مديب	4.7 6	موجب جدا	1.52	متوسطة التصنيف	0.95	رمل خشن جدا	0.2 4	مفطوح	0.7 9	موجب جدا	0.67	متوسطة التصنيف	0.92	رمل خشن جدا	- 0.05	0	1.7	6.9	7.7	23.5	60.3	4
مديب جدا	12. 7	موجب جدا	2.49	متوسط التصنيف	0.62	رمل خشن جدا	0.0 9	متوسط التفطوح	0.9 6	موجب جدا	2.12	تصنيف جيد	0.44	رمل خشن جدا	- 0.23	0.2	0.5	1.7	4	20.3	73.3	5
مفطوح	1.6 6	متماثل	0.1-	تصنيف ردئ	1.48	رمل متوسط	1.7 9	مفطوح جدا	0.6 5	التواء سالب	0.23-	تصنيف ردئ	1.64	رمل متوسط	1.69	3.7	22.7	24.6	13.5	14.3	21.1	6
مفطوح	2.3 7	التواء سالب	0.6-	تصنيف ردئ	1.33	رمل ناعم	2.3	نفلطح متوسط	1.0 2	سالب جدا	0.39-	تصنيف ردئ	1.52	رمل ناعم	2.27	4.9	32.5	28.9	13.7	8.6	11.3	7
مفطوح جدا	1.9 6	متماثل	0.11	تصنيف ردئ	1.44	رمل متوسط	1.6 8	مفطوح جدا	0.5 3	متماثل	0.07-	تصنيف ردئ	1.66	رمل متوسط	1.4	5.8	14.6	23.7	22.6	4.4	28.9	8
مديب	4.3 6	التواء موجب	1.47	تصنيف متوسط	0.98	رمل خشن	0.4 1	نفلطح متوسط	0.9 1	التواء موجب	1.55	تصنيف متوسط	0.89	رمل خشن	0.11	0.2	1.9	9.1	10.9	10.6	67.4	9
مفطوح	2.2 2	متماثل	0.41	تصنيف متوسط	0.97	رمل خشن	0.8 8	مفطوح جدا	0.5 3	التواء موجب	0.14	تصنيف ردئ	1.14	رمل خشن	0.66	0	1	16	25.6	26.2	31.2	10
مديب	6.3	التواء موجب جدا	1.69	تصنيف متوسط جدا	0.69	رمل خشن جدا	0.2 1	مفطوح	0.8 4	التواء موجب	1.61	تصنيف متوسط جدا	0.59	رمل خشن جدا	- 0.09	0	0.3	3.8	7.3	22.4	66.2	11
مديب	6.5 2	التواء موجب جدا	1.85	تصنيف متوسط	0.78	رمل خشن جدا	0.2 5	نفلطح متوسط	1.0 1	التواء موجب جدا	1.77	تصنيف متوسط جدا	0.67	رمل خشن جدا	- 0.11	0	1	4.9	7.5	18.6	68.1	12
مفطوح	1.8 8	متماثل	0.3-	تصنيف ردئ	1.39	رمل متوسط	1.9 5	مفطوح	0.8 2	التواء سالب جدا	0.3-	تصنيف ردئ	1.55	رمل متوسط	1.97	3.8	23.8	27.4	15.3	16.4	13.4	13
مفطوح جدا	1.6 5	متماثل	0.1-	تصنيف ردئ	1.38	رمل متوسط	1.6 6	مفطوح	0.7 0	التواء سالب	0.15-	تصنيف ردئ	1.54	رمل متوسط	1.58	0	21.6	25.2	16.2	17.6	19.5	14

مدى	4.0 8	التواء موجب	0.77	تصنيف ردئ	1.09	رمل خشن	1.0 0	مفلطح	0.7 6	التواء موجب جدا	0.62	تصنيف ردئ	1.13	رمل خشن	0.79	1.54	10.5 1	14.8 9	13.3 1	17.2 6	44.3 2	التوسط العام
-----	----------	----------------	------	--------------	------	---------	----------	-------	----------	-----------------------	------	--------------	------	---------	------	------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------------



شكل (12) : المدرجات التكرارية لعينات التربة بقاع الفريح.



شكل (13) : المنحنى المتجمع الصاعد لعينات التربة بقاع الفريج.

وتم الاعتماد على طريقتين في التصنيف، الأولى لكرومبين 1932 وعدلت بواسطة فريدمان وجونسون عام 1982، والثانية وهي الأكثر شهرة لفولك وورد 1957 (Blott & Pye, 2001, pp. 1237-1238).

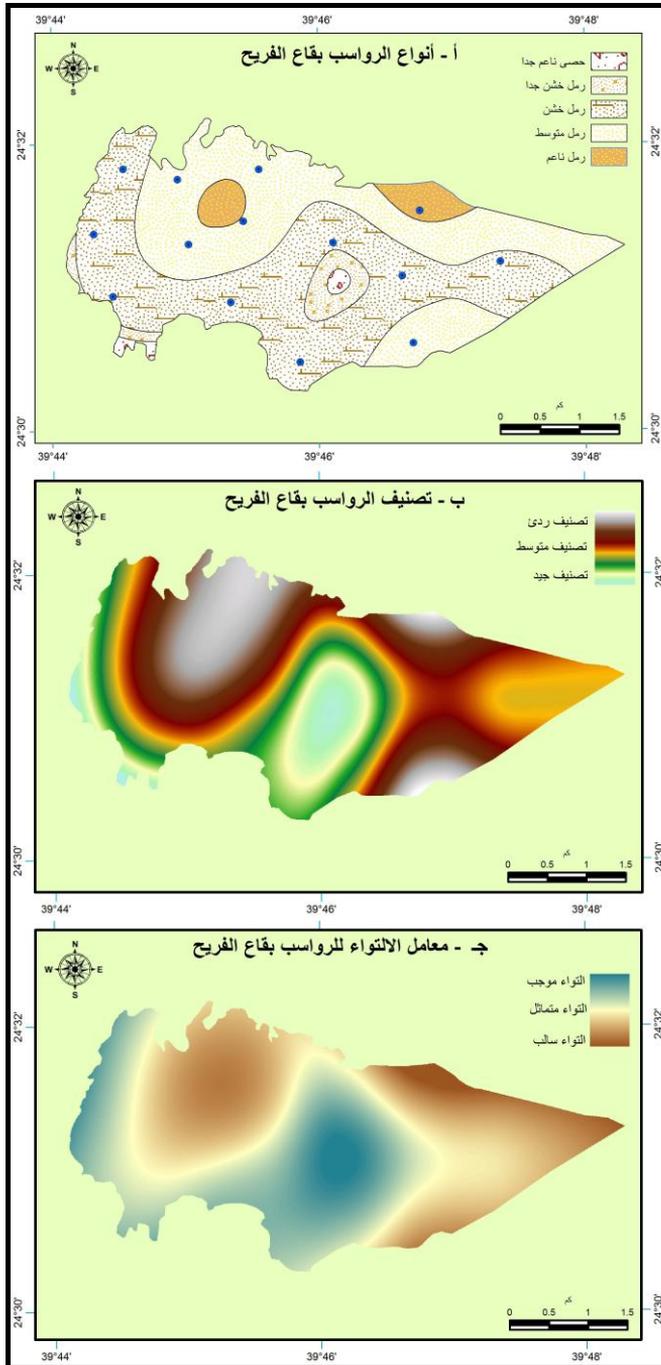
تعد الطريقة الأولى أكثر دقة بسبب اعتمادها على كل مفردات العينة ولكن يؤخذ عليها تأثيرها بالقيم المتطرفة، ولذلك يجب قبل استخدامها معرفة طريقة توزيع العينة (McManus, 1988, p. 65).

واستخدمت الدراسات الحديثة تقنية نظم المعلومات الجغرافية لتمثيل وتحليل نتائج التحليل الحجمي للرواسب (Le Roux & Rogas, 2007; Poizot et al., 2008; Poizot & Mear, 2010) وقد اعتمدت الدراسة الحالية على الطريقة الحديثة لتحليل العينات لفريدمان وجونسون والتي أطلق عليها الطريقة اللحظية Method of Moment (Blott & Pye, 2001, p. 1238)، واستخرجت المقاييس الرئيسية كما ذكرنا من قبل، وتم توقيهها في مواضع العينات.

ترتفع نسبة الرمل الخشن (1-2 ملم) في أغلب العينات إذ بلغ المتوسط العام 1 وينطبق ذلك أيضا عند استخدام طريقة Folk & Ward، وبلغ متوسط نسبة الرمل الخشن جدا 44.3% والرمل الخشن 17.3%، أي أن الاثنتين معا يشكلان نحو 61.6%.

وتتسم العينات بأنها ذات تصنيف ردي - بلغ الانحراف المعياري 0.62 - كما تتسم العينات بأنها ذات التواء موجب جدا (0.76) وذات تفلطح مفلطح (-1.0) بناءا على طريقة Folk & Ward.

ولدراسة التباينات المكانية للرواسب فقد تم الحصول علي متوسط كل عينة طبقا للطريقة اللحظية ثم وقعت على خريطة القاع بحسب مواقع العينات ثم أنشئت خريطة التساوي وتحويلها إلى مساحات وحساب مساحة كل فئة من الفئات، شكل (14) وجدولي (11، 12)، ويتضح ما يلي :



شكل (14) : خصائص الرواسب بقاع الفريح.

يسود الرمل الخشن (48%) والمتوسط (41%) من مساحة القاع، ويتركز الرمل الخشن في جنوب وغرب القاع بينما يوجد الرمل المتوسط في الوسط والشمال، وربما يعزى ذلك إلى أن الصخور البركانية الموجودة بجنوب وغرب القاع أكثر تأثراً بعمليات النحت من الصخور النارية في شرقي القاع، كما أن الأودية التي تصب في القاع من جهة الجنوب تجري فوق صخور حرة رهط ومن ثم أدت إلى جلب هذه الرمال وبعض الحصى الموجود في أقصى غرب القاع بينما يترك الرمل الناعم في منطقتين إحداهما في وسط القاع تقريبا والأخرى في الشمال الشرقي للقاع، ولا تشكل سوى 4% من مساحة القاع.

جدول (11) : أنواع الرواسب ومساحاتها بقاع الفريح.

النسبة المئوية	المساحة (كم ²)	نوع الرواسب
1.06	0.145	حصى ناعم جدا
4.22	0.575	رمل خشن جدا
48.62	6.642	رمل خشن
40.85	5.565	رمل متوسط
5.11	0.696	رمل ناعم

وينبغي الإشارة إلى أن هذه الرواسب قد استغلت من قبل شركات إنتاج الطوب والتي أدت إلى تشويه القاع خاصة في الجزء الأوسط والغربي.

جدول (12) : تصنيف الرواسب بقاع الفريح.

النسبة المئوية	المساحة (كم ²)	نوع التصنيف
0.06	0.009	جيد
12.11	1.65	شبه جيد
31.43	4.28	متوسط
56.6	7.68	ردئ

ويشير توزيع تصنيف الرواسب⁽¹⁾ بالقاع إلى سيادة التصنيف الرديء الذي يمثل نحو 56% من المساحة، وتتركز الرواسب رديئة التصنيف بصورة رئيسية في شرقي وغربي القاع، ويرجع ذلك إلى تباين أحجام الرواسب في هاتين المنطقتين، ففي شرق الحوض نجد مصبي وادي أم لحيين وتيم وهما من الأودية القصيرة التي لم تستطع تهذيب مفتاتها بصورة كبيرة فاختلفت هذه الرواسب الخشنة بالرواسب الناعمة للقاع مما أدى إلي وجود تصنيف رديء للرواسب (Poorly Sorted).

ويتركز التصنيف الجيد والمتوسط في وسط القاع والأجزاء الجنوبية الغربية، وقد تبين من الدراسة الميدانية أن الرواسب الناعمة توجد في قلب القاع وفي الأجزاء الغربية من سد العاقول القديم (صورة 4).

وتتراوح قيم الالتواء Skewness بين (- 1.9، 2.8) وتتركز الرواسب ذات الالتواء الموجب في وسط القاع وغربه بينما تتركز الرواسب ذات الالتواء السالب في شرق وشمال وسط القاع، ويعني ذلك أن الرواسب في وسط وغربي القاع تميل في اتجاه النعومة بينما تميل الرواسب نحو الخشونة في الشرق والشمال، وتقع 7 عينات في فئة الالتواء الموجب بينما تتراوح بقية العينات بين الالتواء السالب والمتماثل.

كما يشير ذلك إلى أن العوامل التي تشكل الرواسب في شرق وشمال القاع ذات طاقة أكبر من تلك العوامل التي تتحكم في الرواسب في وسط وغربي الحوض، ويستخدم معامل التقلطح لوصف شكل منحنى التوزيع مقارنة بشكل التصنيف في وسط منحنى التوزيع، وقد بلغ متوسط التقلطح 4.08 مما يشير — (1) بناء على الطريقة اللحظية فإن معاملات التصنيف تكون كالتالي :

50.-0.35 (تصنيف جيد)، 0.70-0.50 (تصنيف شبه جيد)، 1.0-0.70 (تصنيف متوسط)، 1-2 (تصنيف رديء)، (Blott & Pye, 2001, p. 1241).

إلى أن الشكل العام للمنحنى هو الشكل المدبب Leptokurtic، ويتراوح تقلطح العينات

بين 1.65-12.7، ويبلغ عدد العينات ذات التفلطح المدبب 7 عينات بينما يبلغ عدد العينات ذات التفلطح المفلطح Platykurtic 7 عينات أيضاً، بمعنى أنه لا يوجد أية عينة ذات تفلطح متمائل Mesokurtic. ونخلص من ذلك أن رواسب القاع تتسم بارتفاع المواد شبة الخشنة بصفة عامة وخاصة الرمل الخشن والمتوسط، كما تتسم رواسب القاع بأنها ذات تصنيف ردي في أغلبها وأن رواسب قلب القاع تختلف عن الرواسب على أطرافه، كما أن الرواسب ذات التواء موجب بصفة عامة.

سادساً : التطور الجيومورفولوجي لقاع الفريخ.

يتسم التطور الجيومورفولوجي لقاع الفريخ بالتعقد الشديد إذ تأثر قاع الفريخ بالعديد من الأحداث التكتونية التي أصابت المنطقة فيما قبل الثلاثي Pre Tertiary وأدت إلى حدوث عدة التواءات من أهمها فترة الالتواء العظمى التي حدثت في تكوينات الفريخ الثلاثة (المُيرير - قديرة - داوناك)، وأخذت محاور الالتواءات الاتجاه الشمالي والشمالي الغربي، ومن أهم الالتواءات المحدبة التي تنتمي لهذه الفترة (جبل المُيرير وجبل غرابة)، وأهم الالتواءات المقعرة قاع الفريخ، وداخل هذا الالتواء الضخم يوجد الكثير من الالتواءات الصغيرة خاصة في تكوينات داوناك (Pellaton, 1981, p. 16).

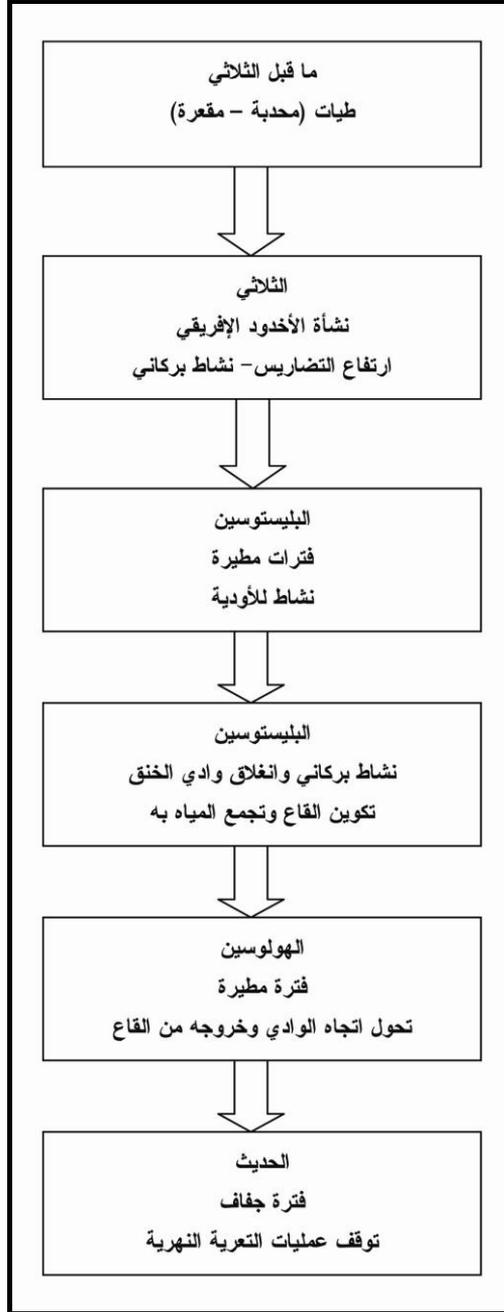
- وخلال الثلاثي حدث الأخدود الإفريقي العظيم Great Rift Valley مما أدى إلى :
- ارتفاع الصخور القديمة.
 - حدوث العديد من الانكسارات التي أثرت على اتجاه الأودية وأخذت هذه الانكسارات الاتجاه الشمالي الجنوبي والشمالي الغربي والشرقي الغربي.
 - حدوث نشاط بركاني أدى إلى اندفاع اللافا البركانية وكونت مخاريط وفرشات بركانية.
 - ظهور الصخور النارية وارتفاعها.

- نشطت الأودية وبدأت في تكوين أحواضها في نهاية الثلاثي وبداية البليستوسين واتخذ وادي الخنق والأودية الأخرى مجاريها الحالية، ولم تكن بحيرة الفريح قد تكونت آنذاك ومع نهاية البليستوسين بدأ النشاط البركاني يؤثر على منطقة الدراسة التي تعتبر جزءا من حرة رهط (بني سليم). يوضح جدول (13) فترات النشاط البركاني التي أثرت على منطقة الدراسة، وتم تحديد بعد تحليل الصخور باستخدام الأساليب الحديثة ($Ar^{40} - Ar^{39}$)، وتحليل الخرائط الجيولوجية صخور الفترتين الخامسة والسابعة أدت إلى إغلاق مجرى العاقول، وبدأت بحيرة الفريح (العاقول) في التكون منذ قرابة 300000 قبل الآن، وتراكمت المياه خلال الفترات المطيرة واتسعت مساحة البحيرة خاصة خلال الفترة المطيرة في نهاية البليستوسين، بل إن كثيراً من البحيرات قد تكونت بالجزيرة العربية خلال هذه المرحلة. ويقدر أن مساحة البحيرات غطت نحو 4.4% من إجمالي مساحة الجزيرة العربية (Preusser, 2009, p. 623)، كذلك انتشرت حشائش السافانا والحيوانات آكلة العشب، ويرجع سبب هذه الفترة المطيرة إلى تزحزح الجبهة بين المدارية ITCZ شمالاً، مما جعل وسط الجزيرة العربية مطيراً واستمرت هذه الفترة حتى منتصف الهولوسين (Lezine et al., 2010, p. 412).

جدول (13) : فترات النشاط البركاني بمنطقة الدراسة.

تاريخ حدوثها	فترة النشاط البركاني	نوع الصخر
1500 قبل الآن - 1256 م	السابعة	البازلت الأعلى
1500 - 4500 سنة قبل الآن	السادسة	
4500 - 30000 سنة قبل الآن	الخامسة	
300000 - 600000 سنة قبل الآن	الرابعة	
0.6 - 0.9 مليون سنة قبل الآن	الثالثة	البازلت الأسفل
0.9 - 1.2 مليون سنة قبل الآن	الثانية	
1.2 - 1.7 مليون سنة قبل الآن	الأولى	

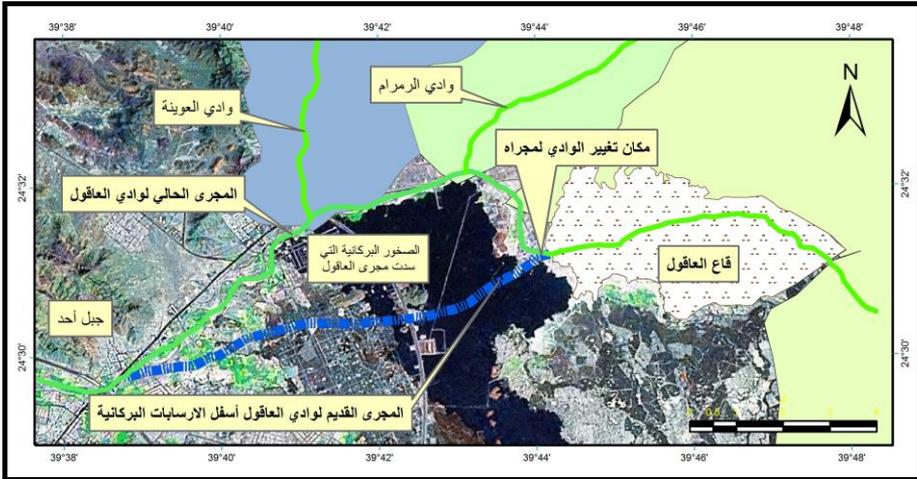
المصدر: (Moufti et al., 2013)



شكل (15) : مراحل تطور قاع الفريح.

ولا شك أن فترات المطر التي واكبت الهولوسين الأوسط والأسفل قد ساهمت في اتساع مساحة البحيرة وتراكم المياه والرواسب، وفي الهولوسين الأوسط استطاعت المياه أن تحفر لها مجرى جديد بمحاذاة الرواسب البركانية وباتجاه الشمال والتقي وادي الخنق بعدة روافد من أهمها وادي الرمرام والعيونة وقناة. وبدأت البحيرة تتناقص مساحتها بعد أن وجدت المياه منفذا للخروج، وقد ساهمت الروافد التي التقاها الوادي في تعزيز قدرته على الاستمرار وتأثر باتجاهها حتى وصل إلى مصبه الحالي في شمال غرب المدينة المنورة، وبنهاية الفترة المطيرة تقلصت مساحة البحيرة وتحولت إلى الجفاف، ولم تترك سوى الإرسابات البحرية القديمة، ومن الشواهد على ما سبق :

- الرواسب الفيضية التي وصل سمكها لبضعة عشرات من الأمتار والتي رصدت أسفل الصخور البركانية الحديثة عند شق الأنفاق والطرق (نفق طريق الملك عبد العزيز وتقاطع مع شارع الأمير عبد المجيد).
- التغير المفاجئ لمجرى وادي الخنق من الاتجاه صوب الجنوب الغربي إلى الاتجاه صوب الشمال (شكل 16).



شكل (16) : التصور الافتراضي لمجرى العاقول القديم.

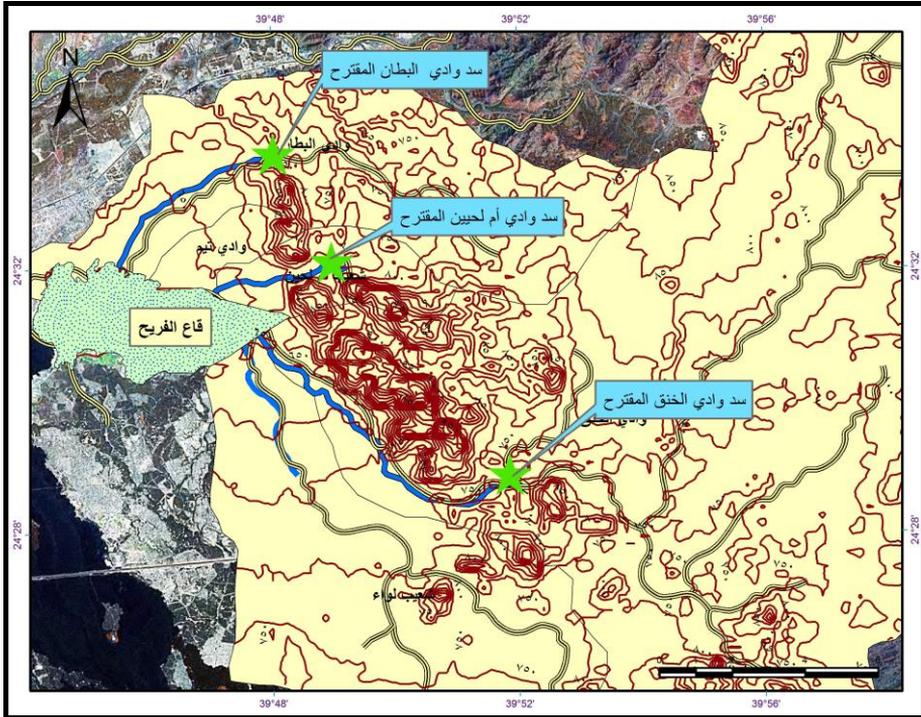
- كثرة الآبار في نهاية المجرى القديم بالقرب من المدينة المنورة.
- لا يتناسب عرض المجرى وعمقه بعد نقطة التغير في الاتجاه مع مساحة الأحواض التي كانت تصب في قاع الفرح (البحيرة القديمة).
- الأبحاث التي أجريت على الصخور البركانية الحديثة التي تغلق المجرى القديم والتي أثبتت أن عمرها يتراوح من 300000 - 4500 سنة قبل الآن (Moufti et al., 2013).

سابعاً : إمكانات التنمية بقاع الفريح.

- تبلغ مساحة القاع نحو 3132 فدان من الممكن الاستفادة منها بعد التحكم في الأودية التي تنتهي إلى القاع. ويقترح الباحث إقامة مجموعة من السدود على هذه الأودية تم اختيارها بناء على الاعتبارات التالية :
- أن يكون السد في مكان يضيق فيه الوادي حتى يمكن بناء سد مرتفع وألا تكون التكلفة عالية.
- أن توجد منطقة متسعة أمام السد تسمح بتخزين المياه.
- أن يبعد السد عن قاع الفريح بمسافة لا تقل عن 4 كم حتى لا تشكل خطورة على القاع في حالة حدوث أية كارثة لا سمح الله، ويجب تنظيم الامتداد الزراعي المقترح بالمنطقة.
- إنشاء بوابخ وفتحات تصريف للتحكم في كمية المياه المنصرفة من السدود وذلك حتى لا ينخفض منسوب المياه في الآبار التي تقع خلف السدود المقترحة، وحتى لا تتغير نوعية المياه وبالتالي تؤثر على الزراعة التي تعتمد عليها.

ويوضح شكل (17) مواضع السدود الثلاثة المقترحة وبيانها كما يلي :

1- سد وادي الخنق ويبعد القاع بنحو 9.5 كم، ويبلغ عرض السد المقترح نحو 700 متر، ويبلغ عرض الوادي في هذه النقطة نحو 230 مترا، وفي هذه المنطقة يضيق الوادي جدا إذ أنه يعبر ممرا ضيقا بين جبل الفرائد في الجنوب وجبال تيم في الشمال ويبلغ المنسوب نحو 790 مترا. وتوجد أمام السد المقترح منطقة متسعة تسمى الحار السفلي، ويبلغ منسوب الأرض بهذه المنطقة نحو 730 - 750 مترا، ومن الممكن أن تستوعب هذه المنطقة بحيرة متسعة تبلغ مساحتها نحو 60 كم² لتخزين المياه والتحكم في المياه المنصرفة في حال حدوث السيول.



شكل (17) : مواقع السدود المقترحة على أودية قاع الفريح.

2- سد أم لحيين يقع على وادي أم لحيين ويبعد عن القاع بنحو 4.2 كم ويضيق الوادي في المنطقة التي يخترق فيها الوادي جبال تيم الشمالية وتيم الجنوبية، ويبلغ طول السد المقترح نحو 480 مترا، وتبلغ المنطقة أمام السد نحو 5 كم وبالرغم من كونها مساحة صغيرة إلا أنها مناسبة لتخزين مياه هذا الوادي لأنه شعب صغير ولا يمثل خطورة كوادي الخنق.

3- سد وادي البطان ويقع على وادي البطان، ويبعد عن القاع بنحو 5.8 كم، ويبلغ طوله نحو 430 مترا ويقع بين جبال تيم الشمالية جنوبا وجبال القينة شمالا.

وبالتحكم في هذه الأودية الثلاثة يتم التحكم في المياه التي تتصرف إلى القاع، ولكن تظل مشكلة امتلاء القاع بالمياه في حال حدوث السيول، ولذلك يقترح الباحث إقامة قناة لتجميع مياه الأودية.

ويحدد الباحث ثلاث بدائل لشق هذه القناة المقترحة كما يظهر من شكل (18).

1. البديل الأول للقناة المقترحة يخترق القاع ومن مميزاته

- قصر المسافة (4.8 كم)
- سيكون الحفر في تربة رملية يسهل حفرها
- التكاليف أقل
- ومن مثالب هذا البديل أن القناة ستحتل وسط القاع وبالتالي تقسم القاع إلى قسمين شمالي وجنوبي.

2. البديل الثاني تكون القناة المقترحة شمالي القاع ويبلغ طولها (5.9) كم

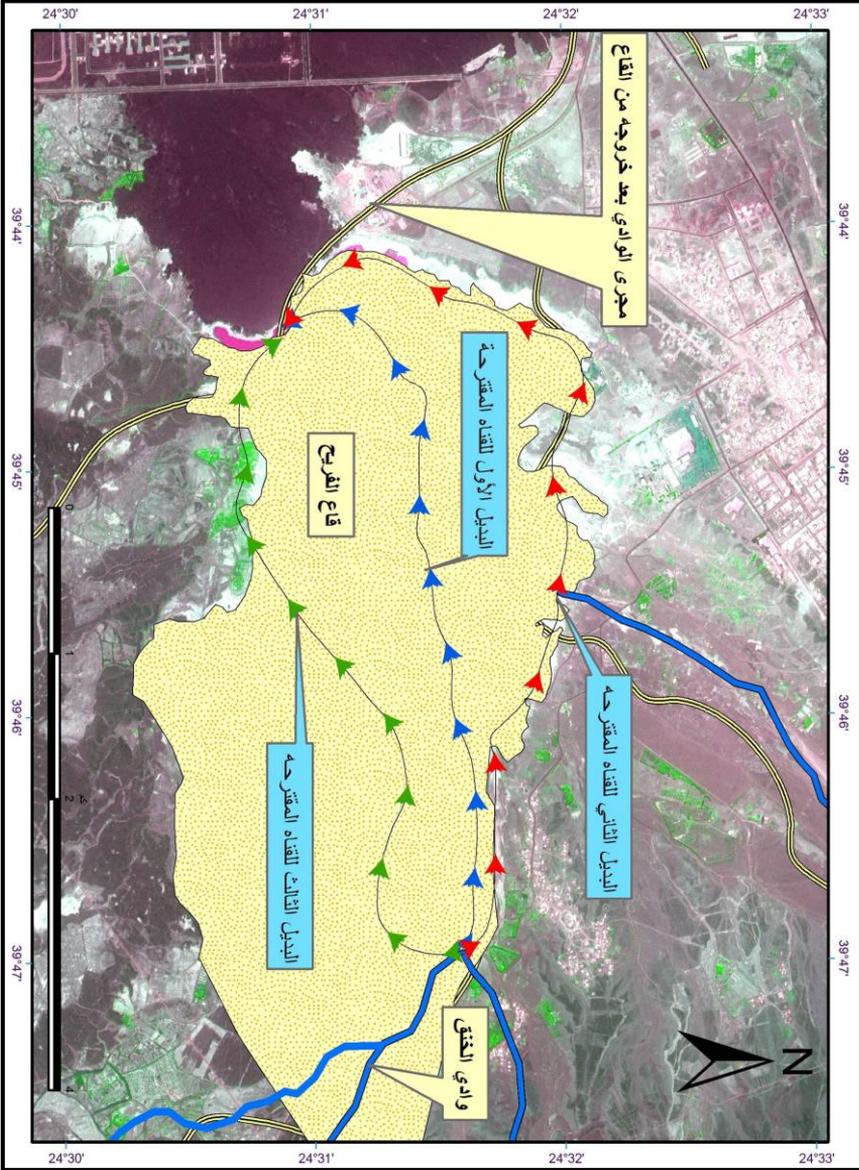
ومن مميزات هذا البديل :

- لا تخترق القاع
- ولكن يعيبها أنها أطول من البديل الأول بنحو كيلومتر واحد، كما أنها ستجري في منطقة صعبة الحفر ولذلك ستكون التكاليف أكثر.

3. البديل الثالث والأخير تكون فيه القناة المقترحة تقع جنوبي القاع ومن مميزاتة.

أنه لا يقسم القاع، أما ما يعيبه فكون القناة ستكون أطول (6.2 كم)، كما أن التربة يصعب حفرها وبالتالي ستكون التكاليف أكبر من البديلين الأول والثاني، ويرى الباحث أنه يمكن الاعتماد على البديل الأول حيث تكون تكاليفه أقل ويسهل حفر القناة في فترة زمنية قصيرة، إلا أن اختيار البديل الملائم للجهات التنفيذية فإنه يخضع لعوامل أخرى وبالتأكيد يحتاج إلى مزيد من الدراسات الهندسية ودراسات التربة.

والخلاصة أنه يمكن الاستفادة من هذه المنطقة، خاصة وأن الباحث قد رصد بعض المساكن القديمة التي هجرها أصحابها (صورة 5)، كما رصدت الدراسة بعض المزارع التي أقيمت في بطون الأودية وكذلك بعض المساكن، وهو ما يمثل خطورة بالغة في حال حدوث السيول (صورة 6)، كما رصد الباحث عمليات تجريف القاع لصالح شركات الطوب التي وان استمرت بمعدلاتها الحالية سيفقد القاع تربته الصالحة للزراعة في فترة زمنية قصيرة (صورة 7)، في الوقت الذي يزيد فيه عدد السكان بمعدلات نمو مرتفعة ويحتاجون إلى المسكن والمأكل. ويأمل الباحث أن تجد هذه الدراسة طريقها للجهات التنفيذية للإفادة من المنطقة وتطويرها.



شكل (18) : بدائل التسمية بقاع الفريج.

ملحق الصور الفوتوغرافية



صورة (1) : تكوينات البازلت البركانية الحديثة على الأطراف الغربية لقاع الفريخ.



صورة (2) : رواسب قيعان الأودية.



صورة (3) : رواسب القاع.



صورة (4) : الرواسب البحرية الناعمة بالقرب من سد العاقول القديم.



صورة (5) : مباني قديمة مهجورة على أطراف قاع الفريح.



صورة (6) : انتشار الزراعة بقيعان أحد الأودية التي تصب بقاع الفريح.



صورة (7) : عمليات تجريف قاع الفريح من قبل شركات الطوب والقرميد.

المراجع

أولاً : المراجع باللغة العربية.

1. الشنطي (أحمد محمود سليمان) (1993) : جيولوجية الدرع العربي، مركز النشر العلمي، جامعة الملك عبد العزيز، جدة.
2. العوضي (حمدينه عبد القادر) (يونيو، 2002) : أحواض التصريف بحوض المدينة المنورة بالمملكة العربية السعودية دراسة جيومورفولوجية، مجلة كلية الآداب، جامعة الإسكندرية.
3. العوضي (حمدينه عبد القادر) (ديسمبر، 2002) : الظروف المناخية وموارد المياه والبيئة الحيوية في حوض المدينة المنورة بالمملكة العربية السعودية : دراسة في الجغرافيا الطبيعية، مجلة كلية الآداب، جامعة الإسكندرية.
4. الهلال، محمد الأحمد (2007) : تقرير عن جيولوجية المدينة المنورة (ضمن حدود النطاق العمراني)، مجلة مركز بحوث ودراسات المدينة المنورة، العدد 17، ص ص 137-160.
5. مرزا، معراج بن نواب (2008) : السمات البنيوية والمورفولوجية للحرث في غرب المملكة العربية السعودية مع التركيز على حرث الكتلة المركزية (حرث كشب دراسة حالة)، مجلة جامعة أم القرى للعلوم التربوية والاجتماعية والإنسانية، المجلد العشرون، العدد الأول، ص ص 296 - 382.
6. جودة ، جودة حسنين، عاشور، محمود محمد (1991) : وسائل التحليل الجيومورفولوجي، الطبعة الأولى. (بدون ناشر)
7. سلامة، حسن رمضان، (1982) : الخصائص الشكالية ودلالاتها الجيومورفولوجية، مجلة الجمعية الجغرافية الكويتية، العدد 43.

8. تراب، محمد مجدي (1988) : حوض وادي بدع جنوب غرب السويس فيما بين وادي حجول شمالا ووادي غويبة جنوبا، دراسة جيومورفولوجية، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية.

ثانياً : المراجع باللغة غير العربية.

1. Anton, D. (1984): Aspects of Geomorphological Evolution Paleosols and Dunes in Saudi Arabia, Vol. 2, Springer-Verlag, New York, pp. 275-296.
2. Bardossy, A. and Schmidt, F. (2002): GIS Approach to Scale Issues of Perimeter-Based Shape Indices for Drainage Basins, Hydrological Sciences-Journal-des Sciences Hydrologiques, Germany, Vol. 47, No. 6, pp. 931-942
3. Blott, S.J. and Pye, K. (2001): GradiStat: A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments, Earth Surf. Process Landforms, Vol. 26, pp. 1237-1248.
4. Chappel, J. (1967): Recognizing fossil strand lines from grain size analysis. Journal of Sedimentary Petrology, Vol. 32, pp. 157-165.
5. Chorley, R.J., Malm, D.E.G. and Poarzeliski, H.A. (1957): A new standard for estimating basin shape. Am. J. Sei., p. 255.
6. Chorley, R.J. (1969): Water, Earth and Man: A Synthesis of Hydrology, Geomorphology and Socio-Economic Geography, Methuen & Co. Ltd., Bristol, Great Britain.
7. Folk R.L. and Ward W.C. (1957): Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Petrology, Vol. 27, pp. 3-26.
8. Gregory, K.J. and Walling, D.E. (1973): Drainage Basin –Form & Process: A Geomorphological Approach, Edward Arnold, London.
9. Horton, R.E., (1945): Erosional Development of Stream and their Drainage Basins "Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology" Geol. Soc. Amer. Bull., Vol. 56, pp. 275-370.
10. Horton, R.E. (1932): Drainage Basin Characteristics, Transactions of American Geophysical Union, Vol. 13, pp.350-361.
11. King, C.A.M. (1966): Techniques in Geomorphology, London, Edward Arnold, 342 p.
12. Klován, J.E. (1966). The use of factor analysis in determining depositional environments from grain size distributions. Journal of Sedimentary Petrology, Vol. 36, pp. 115-125.

13. Knighton, D., (1984): *Fluvial Forma and Processes*, Edward Arnold, London.
14. Le Roux, J., Rojas, E., (2007). Sediment transport patterns determined from grain size parameters: Overview and state of the art. *Sedimentary Geology*, Vol. 202, pp. 473-488.
15. Lezine, A.M. et al. (2010): Climate Change and Human Occupation in the Southern Arabian Lowlands During the Last Deglaciation and Holocene, *Global and Planetary Change*, Vol. 72. pp. 412-428.
16. Mason, C. and Folk, R.L. (1958): Differentiation of Beach, Dune and Aeolian Flat Environments by Size Analysis, Mustang Island, Texas, *Jour. of Sedimentary Petrology*, Vol. 28, No. 1, pp. 211-226.
17. McManus J. (1988): Grain size determination and interpretation. In *Techniques in Sedimentology*, Tucker M (ed.) Blackwell: Oxford; pp. 63-85.
18. Melton, M.A. (1957): *An Analysis of the Relations among Elements of Climate, Surface Properties and Geomorphology*. Dept. Geol. Columbia U., ONR Contract NONR 389-042, Tech. Rept., No. 11.
19. Montgomery, D. and Dietrich, W.E. (1989): Channel initiation, drainage density, *Resources Research* Vol. 25, pp. 1907-1918.
20. Morisawa, M.E. (1968): *Streams their Dynamic and Morphology*, New York.
21. Mosley, M.P. (1974): *An Experimental Study of Rill Erosion*, Amer. Soc. of Agri. Eng., Transactions, Vol. 68, pp. 909-919.
22. Moufti, M.R., Moghazi, A.M. & Ali, K.A. (2013): Ar^{40}/Ar^{39} Geochronology of the Neogene-Quaternary Harrat Al-Madinah Intercontinental Volcanic Field, Saudi Arabia: Implications for Duration and Migration of Volcanic Activity, *Asian Earth Sciences*, Vol. 62, pp. 253-268.
23. Pellaton, G. (1981): *Explanatory to the Geologic Map of the Al-Madinah Quadrangle*, sheet no.24D, Ministry of Petroleum and Mineral Resources, Riyadh.
24. Poizot, E., Mear, Y., Biscara, L. (2008): Sediment Trend Analysis through the Variation of Granulometric Parameters: A Review of Theories and Applications. *Earth- Science Reviews* 86 (1-4), pp. 15-41.
25. Poizot, E. and Mear, Y. (2010): Using a GIS to Enhance Grain Size Trend Analysis, *Envir. Modelling & Software*, Vol. 25, pp. 513-525.
26. Preusser, F. (2009): Chronology of the Impact of Quaternary Climate on continental Environments in the Arabian Peninsula, *C.R. Geoscience*, Vol. 341, pp. 621-632.
27. Schumm, S.A. and Lichty, R.W. (1965): Time, Space and Causality in Geomorphology, *Amer. Jour. of Science*, Vol. 263, pp. 110-119.

28. Schumm, S.A. (1956): The Evaluation of Drainage Systems and Slopes in Badlands at Perth Amboy, New Jersey, Geol. Soc. Amer. Bull., Vol. 67, pp. 597-646.
29. Schumm, S.A. (1977): The Fluvial System, John Wiley & Sons, New York.
30. Splinter, D.K., Dauwalter, D.C., Marston, R.A. and Fisher, W.L. (2010): Ecoregions and stream morphology in eastern Oklahoma, Geomorphology, Vol. 122, pp. 117-128.
31. Strahler, A.N. (1957): Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology, Amer. Geophys. Union, Vol. 38, No. 6, pp. 913-920.
32. Strahler, A.N. (1964): Quantitative Geomorphology of Drainage Basin and Channel Network, In Chow, V.T., Editor, Handbook of Applied Hydrology, New York, pp. 39-76.
33. Talukdar, R. (2011): Geomorphological Study of the Jia Bharali River Catchment, N.E., India, A Thesis Submitted to Gauhati University for the Degree of Doctor of Philosophy in Department of Geological Sciences in the Faculty of Science.
34. Tang T. (2000): Slope Profile Analysis and Classification on Limestone Residual Hills in Guilin, China, Middle States Geographers, Vol. 33, pp. 40-53.
35. Visher, G.S. (1969): Grain size distributions and depositional processes. Journal of Sedimentary Petrology, Vol. 39, pp. 1074-1106.
36. Young, A. (1972): Slopes, Oliver & Boyd, Edinburgh.

* * *

الإصدارات السابقة سلسلة البحوث الجغرافية

1. Dental Conditions of the Population of Maadi Culture as Affected by the Environment. (In English) by "F. Hassan et al." (1996).
2. هضبة الأهرام: أشكالها الأرضية ومشكلاتها، أ.د. سمير سامي، 1997.
3. القرى المدمرة في فلسطين حتى عام 1952، أ.د. يوسف أبو مائلة وآخرون، 1998.
4. جيومورفولوجية منطقة توشكى وإمكانات التنمية، أ.د. جودة فتحي التركمانى، 1999.
5. موارد الثروة المعدنية وإمكانات التنمية في مصر، د. أحمد عاطف دردير، 2001.
6. صورة الأرض في الريف، د. محمد أبو العلا محمد، 2001.
7. القاهرة: الأرض والإنسان، أ.د. سمير سامي محمود، 2003.
8. الماء والأفلاج والمجتمعات العمانية، د. طه عبد العليم، 2004.
9. المناطق الخضراء في القاهرة الكبرى، د. أحمد السيد الزامل، 2005.
10. التنمية السياحية بمدينة الغردقة وأثرها السلبي على البيئة، د. ماجدة محمد أحمد، 2005.
11. بين الخرائط التقليدية وخرائط الاستشعار عن بعد، د. هناء نظير علي، 2006.
12. الواقع الجغرافي لمدينة سيوة، د. عمر محمد علي، 2006.
13. صادرات الموالح المصرية إلى السوق العربية الخليجية، أ.د. إبراهيم علي غانم، 2006.
14. الجغرافيا الاقتصادية في ضوء المتغيرات العالمية المعاصرة، أ.د. محمد محمود إبراهيم الديب، 2006.
15. الأبعاد الجغرافية للسياحة العلاجية في مصر، د. فاطمة محمد أحمد، 2006.
16. تحليل جغرافي لحركة النقل على مداخل مدينة المحلة الكبرى، د. عبد المعطي شاهين، 2007.
17. المقومات الجغرافية للتنمية السياحية في محافظة الوادى الجديد، د. المتولي السعيد، 2007.
18. الهجرة العربية الدائمة إلى الولايات المتحدة الأمريكية من 1980 إلى 2004، د. أشرف على عبده، 2007.
19. مياه الشرب في مدينة الجيزة، د. فاطمة محمد أحمد عبد الصمد، 2007.
20. الجيوب الريفية المحتواة في التجمعات الحضرية المخططة بمدينة الجيزة، د. أشرف على عبده، 2007.
21. الأبعاد الجيومورفولوجية لانتخابات مجلس الشعب المصرى عام 2005، د. سامح عبد الوهاب، 2008.
22. الأوقاف الخيرية في مصر، أ.د. صلاح عبد الجابر عيسى، 2009.
23. صناعة السيارات في مصر، أ.د. محمد محمود إبراهيم الديب، 2009.
24. المناخ والملابس في مدينة الرياض، د. هدى بنت عبد الله عيسى العباد، 2009.
25. قضايا الطاقة في مصر، أ.د. محمد محمود إبراهيم الديب، 2009.
26. الثروة المعدنية في محافظة المنيا، د. أحمد موسى محمود خليل، 2009.
27. التباينات اليومية لدرجة الحرارة بمدينة مكة المكرمة، د. مسعد سلامة مسعد مندور، 2009.
28. التحليل الجغرافى لدلالة أسماء المحلات العمرانية بمنطقتي عسير وجيزان، د. إسماعيل يوسف إسماعيل، 2009.
29. تحليل جغرافى لمنطقتين عشوائيتين في مدينة جدة، د. أسامة بن رشاد جستني و أ. مشاعل بنت سعد المالكي، 2009.
30. الفقر في غرب إفريقيا، د. ماجدة إبراهيم عامر، 2010.
31. بعض ملامح التنمية العمرانية في محافظة المجمعة (السعودية)، د. علاء الدين عبد الخالق علوان، 2010.
32. تنمية السياحة البيئية والأثرية بمنطقة حائل، د. عواطف بنت الشريف شجاع علي الحارث، 2010.
33. سكان سلطنة عُمان، د. جمال محمد السيد هندأوى، 2010.

34. التجديد العمرانى للنواة القديمة بالمنصورة، د. مجدى شفيق السيد صقر، 2011.
35. تغير المعطيات المكانية وأثرها فى التنمية السياحية بقرية البهنسا فى محافظة المنيا، د. ماجدة جمعة، 2011.
36. الاتجاهات الحديثة فى جغرافية الصناعة، أ.د. إبراهيم على غانم، 2011.
37. المعايير التخطيطية للخدمات بالمملكة العربية السعودية، د. نزهة يقطان الجابري، 2011.
38. تداخل المياه البحرية والجوفية بشمال الدلتا بين فرعي ديماط ورشيد، د. أحمد إبراهيم محمد صابر، 2011.
39. أحجار الزينة فى المملكة العربية السعودية، د. شريفة معيض دليم القحطاني، 2011.
40. التنوع الحيوى بإقليم الجبل الأخضر بالجمهورية العربية الليبية، د. عادل معتمد عبد الحميد، 2011.
41. التحليل المكاني للتغيرات العمرانية واتجاهاتها الحالية والمستقبلية فى المدينة المنورة للفترة من (1369-1450هـ) الموافق (1950-2028م)، د. عمر محمد على محمد، 2011.
42. المرواح الفيضانية وأثرها على طريق قفط - القصير، د. محمد عبد الحليم حلمي عبد الفتاح، 2012.
43. أطالس فرنسية : عرض وتحليل، د. عاطف حافظ سلامه، 2012.
44. التنوع المكاني لأنماط النمو الريفى فى المنطقة الغربية للمملكة العربية السعودية، د. محمد مشخص، 2012.
45. الحافة الحضرية لمدينة المحلة الكبرى : رؤية جغرافية، د. أحمد محمد أبو زيد، 2012.
46. الخصائص المكانية والخدمية للمجمعات التجارية، د. عبدالله براك الحري، 2012.
47. أخطار التجوية الملحية على المباني الأثرية بمدينة القاهرة، د. أحمد إبراهيم محمد صابر، 2012.
48. تقدير أحجام السيول ومخاطرها عند المجرى الأدنى لوادى عرنة جنوب شرق مدينة مكة المكرمة، د. محمد سعيد البارودي، 2012.
49. التساقط الصخري والتراجع الساحلي فى منطقة عجيبة السياحية (1995-2012)، د. طارق كامل فرج خميس، 2012.
50. جغرافية التنمية الاقتصادية بمنطقة ساحل محافظة كفر الشيخ، د. محروس إبراهيم محمد المعداوى، 2012.
51. الضوابط المناخية للعجز المائى فى شبه جزيرة سيناء، د. صلاح معروف عبده عماشة، 2012.
52. الضوابط البيئية للسياحة بمحافظة الفيوم، د. فاطمة محمد أحمد عبد الصمد، 2012.
53. مواقف السيارات والأزمة المرورية بمحافظة القاهرة، د. رشا حامد سيد حسن بندق، 2012.
54. ثلاثون عاما من النمو العمرانى الحضرى بمحافظة أسوان، د. أشرف أحمد على عبد الكريم، 2012.
55. الخريطة الجيومورفولوجية لجبل عير بالمدينة المنورة، د. متولي عبد الصمد، 2012.
56. المدينة الصناعية الثانية بمدينة الرياض، د. عبد العزيز بن إبراهيم الحرة، 2012.
57. التغير الكمي والنوعي لاستخدامات الأرض بأحياء المدينة المنورة (1410هـ/1990م - 1433هـ/2012م)، د. عمر محمد على محمد، 2012.
58. استخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد فى رصد ومعالجة مشكلة العشوائيات السكنية بالمدينة المنورة، د. عمر محمد على محمد، 2012.
59. شارع بورسعيد بالقاهرة : دراسة تحليلية فى جغرافية النقل، د. منى صبحي نور الدين، 2012.
60. التمدد الحضرى لمدينة ديرب نجم، د. مجدى شفيق السيد صقر، 2013.
61. التحليل المكاني لتوزيع خدمة محطات تعبئة وقود السيارات بمدينة مكة المكرمة، د. عمر محمد على محمد، 2013.
62. تحليل جغرافي للتعليم الأساسى بقرى مركز أطفح، د. فاطمة محمد أحمد عبد الصمد، 2013.
63. نظم المعلومات الجغرافية ودعم اتخاذ القرار التنموي، د. عاطف حافظ سلامه، 2013.