

# دراسة هيدرولوجية للحوض الجوفي بمنطقة نهر عطبرة

بحث تكميلي لنيل درجة بكالوريوس الشرف في الهندسة المدنية

إعداد:

الظاهر محمد علي الظاهر

عبد الرحمن حسين محمد خالد

مزدلفة آدم سليمان آدم

إشراف:

د/ ابوبكر احمد

كلية الهندسة

جامعة الشيخ عبد الله البدرى

فبراير 2023م

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ  
الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي  
أَنْزَلَ هَذِهِ السُّورَةَ  
وَهُوَ أَعْلَمُ بِمَا  
يُخْفَى

الْآيَةُ

قال تعالى: (يَا أَيُّهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا اتَّقُوا اللَّهَ وَابْتَغُوا إِلَيْهِ  
الْوَسِيلَةَ وَجَاهِدُوا فِي سَبِيلِهِ لَعَلَّكُمْ تُفْلِحُونَ)

صدق الله العظيم

سورة المائدة الآية (35)



## الشكر والاعتراف

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات الحمد لله ما انتهى درب ولا ختم جهد ولا تم سعي الا بفضل الله على البلوغ ثم الحمد لله على التمام والحمد لله من قبل ومن بعد الحمد لله الذي أنار لنا درب العلم والعمل ووفقنا الي إنجاز هذا العمل.

نوجه بجزيل الشكر والامتنان الي كل من ساعدنا علي إنجاز هذا العمل و في تذليل ما واجهناه من صعوبات.

نخص بالشكر د/ ابوبكر احمد الذي لم يبخل علينا بتوجيهاته و نصائحه القيمة التي كانت عوناً لنا في إتمام هذا البحث.

أيضا الشكر موصول لإدارة كلية الهندسة جامعة الشيخ عبدالله البدري و نخص بالشكر مع التقدير والاحترام جميع الأساتذة بقسم الهندسة المدنية.

فلكم منا الشكر والتقدير....





إلى من بلغ الرسالة وأدى الأمانة .. و نصح الأمة .. إلى نبي الرحمة و نور العالمين

**سيدنا محمد صلي الله عليه وسلم**

إلى من بها أكبر و عليها أعتد، إلى شمعة موقدة تنير ظلمة حياتنا

إلى من بوجودهم إكتسبنا قوة لا حدود لها

إلى من عرفنا معهم معنى الحياة

**أمهاتنا الحبيبات**

إلى من كلله الله بالهيبة والوقار ، إلى من علمنا العطاء بدون إنتظار

إلى من نحمل اسمائهم بكل إفتخار

**والدينا الأعزاء**

إلى العلم والمعرفة والعطاء

**أساتذتنا الاجلاء**

إلى من شاركونا سنوات الدراسة

**زملائنا الكرام**



## إلى معقل العلم و قلعة المعرفة

### الفهرس

الرقم	المحتوى	الصفحة
	الاية	I
	الشكر والعرفان	II
	الاهداء	III
	فهرس المحتويات	IV
	فهرس الجداول	VI
	فهرس الأشكال	VII
	المستخلص	VIII
	Abstract	IX

### الباب الأول

#### المقدمة

1-1	المقدمة	1
2-1	مشكلة البحث	2
3-1	أهداف البحث	2
4-1	منهجية البحث	3
5-1	هيكلية البحث	3

## الفصل الثاني: الاطار النظري

4	المياه الجوفية	1-2
4	تقسيم الماء الجوفي طبقاً لمصدره	1-1-2
6	أنواع الطبقات الحاملة للمياه	2-1-2
6	استكشاف المياه الجوفية	2-2
7	انسياب الماء الجوفي	3-2
12	الآبار	4-2
12	أجزاء البئر	1-4-2
12	أقسام الآبار حسب طريقة إنشائها	2-4-2
18	الينابيع	5-2
18	أقسام الينابيع طبقاً لتدفقها	1-5-2
18	أقسام الينابيع حسب مصدرها	2-5-2
18	أقسام الينابيع جيولوجياً	3-5-2
20	المياه الجوفية في الوطن العربي	6-2
20	المجموعات الهيدروولوجية الرئيسية للصخور	1-6-2
21	أنواع الطبقات المائية	2-6-2
22	المياه الجوفية في السودان	7-2
22	توزيع المياه الجوفية في السودان	1-7-2
24	عملية التغذية	2-7-2

## الفصل الثالث: الاطار العملي

25	تجميع البيانات	1-3
25	تحليل وتنقيح بيانات الآبار	2-3
30	دراسة توزيع المياه ف منطقة الدراسة	3-3
30	رسم الخرطة النقطية	1-3-3
31	رسم الخرطة الرقمية	2-3-3
32	تحديد حجم الحوض الجوفي	3-3-3
36	مناقشة النتائج	4-3

## الفصل الرابع:

### الخلاصة والتوصيات

37	الخلاصة	1-4
37	التوصيات	2-4

### فهرس الجداول

15	محاسن ومساوي الآبار	1-2
17	مقارنة بين أنواع الآبار	2-2
29	بيانات الآبار المنقحة	1-3

## فهرس الاشكال

2	منطقة الدراسة	1-1
5	مناطق تواجد المياه المختلفة	1-2
6	أنواع الطبقات الحاملة للماء	2-2
8	تدفق الماء في الحوض الجوفي المحجوز	3-2
11	حوض جوفي له سطح ماء جوفي	4-2
19	الينابيع التلامسية ويناابيع المنخفضات	5-2
20	الينابيع أحادية الميل وثنائية الانحدار و الينابيع المحجوزة والينابيع تحت الجاذبية	6-2
22	الموارد المائية المتجددة والغير متجددة في الوطن العربي	7-2
24	سطح المياه الجوفية في السودان	8-2
25	نموذج للبيانات التي تم التحصل عليها	1-3
30	برنامج Arc Map	2-3
31	الخرطة النقطية	3-3
32	توزيع المياه في منطقة الدراسة	4-3
33	برنامج Surfer	5-3
33	الاحداثيات كشبكة	6-3
34	حجم الحوض الجوفي بمنطقة الدراسة	7-3
34	عملية التصفية المتكررة	8-3
35	مقطع ثلاثي الأبعاد للحوض الجوفي	9-3

## المستخلص:

المياه الجوفية هي المياه المخزونة في الرمل وبين الشقوق داخل الصخور المتصدعة وفي التربة، وتشكل حوضاً أو مستودعاً للمياه الجوفية، ولقد تناول هذا البحث دراسة هيدرولوجية للحوض الجوفي بمنطقة نهر عطبرة، ويهدف البحث الي تحديد حدود الحوض الجوفي بمنطقة الدراسة و حساب حجم الحوض الجوفي للمنطقة وتوزيع المياه داخل الحوض ودراسة طبوغرافية الحوض الجوفي وتم الحصول علي علي بيانات لعدد 223 بئر من هيئة مياه ولاية نهر النيل و إدارة المياه الجوفية والوديان وتم تنقيح هذه البيانات ليصبح العدد الكلي للأبار 165 بئر وتم إستخدام برنامج Arc Map لرسم الخريطة الرقمية التي توضح توزيع المياه داخل منطقة الدراسة و برنامج Surfer لحساب المساحة السطحية للحوض الجوفي وحجم الحوض لمنطقة الدراسة وحجم المياه وقد وجد ان المساحة السطحية للحوض تساوي حوالي 14.4 الف كيلومتر مربع وحجم الحوض الجوفي يساوي حوالي 115 مليار متر مكعب وحجم المياه في منطقة الدراسة تساوي 115 مليار متر مكعب.

## **Abstract:**

Groundwater is water stored in sand and between cracks inside cracked rocks and soil, It constitutes a basin or warehouse of groundwater, and this research has dealt with a hydrological study of the basin subterranean in the Atbara River area, and the research aims to determine the borders of the underground pelvis in the study area, distribution of water inside the pelvis, and topography of the tweet of the pelvis was obtained on data for 223 wells from the Nile River Water Authority and Water Management To draw the underground and valleys, these data were revised to become the total number of wells 165 wells and used the Arc Map Digital Endowment program, which shows the distribution of water within the study area and program Surfer to calculate the surface area of the underground pelvis and the size of the underground pelvis for the study area The size of the water has been found that the surface area of the pelvis is 14.4 thousand square kilometers And the size of the underground basin equals 115 Billiard cubic meters, and the water size in the study area is equals 115 Milliard cubic meters.

# الفصل الاول

## المقدمة

### 1-1 المقدمة:

يحصل الإنسان على احتياجاته المائية من مصدرين أساسيين وهما مصادر المياه السطحية وتشمل مياه الأنهار والبحيرات ومجري الوديان ومصادر المياه الأرضية وتشمل الآبار والينابيع والكهوف والدحول. وبالنظر إلى إمكانية مشاهدة المياه السطحية وكذلك بسبب الأموال الباهظة التي صُرِفَت على إقامة الخزانات والسدود والقناطر وشق القنوات اللازمة لاستخدام هذه المياه وكلها أمور في كل مكان وفي كل وقت تقريباً لذلك فقد نشأ اعتقاد بأن المياه السطحية تشكل المورد الرئيسي لاحتياجات العالم من المياه ولكن في الواقع فإن أقل من 3% من المياه العذبة المتاحة على كوكب الأرض توجد في الأنهار والبحيرات أما الجزء الأكبر والذي يمثل 97% فإنه يوجد في باطن الأرض ويُقدر بحوالي (100,000) كيلومتر مكعب. وإذا جاز التعبير عن المياه السطحية بأنها في حالة سريان وعبور فإن المصادر الجوفية تمثل المياه في حالة التخزين وقد تجمعت خلال قرون عديدة مع إضافات طفيفة من الأمطار الساقطة سنوياً وبذلك يتضح لنا أهمية المياه الجوفية كمصدر رئيسي يمكن أن يعتمد عليه إذا ما أحسن استغلاله لسد حاجة الإنسان والحيوان والنبات. ويرجع استغلال المياه الجوفية إلى عصور ما قبل الميلاد حيث قام قدماء المصريين والصينيين بحفر الآبار للحصول على المياه من مصادرها الجوفية ولكن لعدم فهم كيفية تواجد المياه وحركتها في باطن الأرض ظل استخدامها محدوداً بل ويكاد يكون محصوراً في بعض المناطق الصحراوية القاحلة والتي لا تتوفر فيها مصادر مياه سطحية.

وفي مطلع القرن الحالي ومع التطور الكبير في أدوات الحفر فقد تضافرت عدة جهود لدراسة المياه الجوفية ومنذ ذلك الحين فقد بدأ الاعتماد على المياه الجوفية بشكل ملحوظ خاصة مع تزايد السكان في جميع أنحاء العالم وعدم كفاية المصادر السطحية لتغطية الاحتياجات المائية.

### منطقة الدراسة:

وتقع منطقة الدراسة بين خطي طول 33.38 و 34.35 وخطي عرض 17.03 و 18.23 وتقع منطقة الدراسة ضمن تكوين الحجر الرملي النوبي ونشير الي ان سمك الخزان العلوي من 25-40 قدم وفي منطقة القليعة وأولاد المكي تتكون المنطقة من الرسوبيات الحديثة وسمك الطبقة الحاملة للمياه يتراوح من 30-50 قدم ويظهر بعد هذا التكوين الحجر الرملي النوبي الذي يحوي الطبقات الطينية المختلفة وبعد ذلك يأتي الخزان الجوفي.

جاءت أهمية الدراسة لكون مياه الآبار الجوفية إحدى الموارد الطبيعية المتوفرة بشكل كبير في الجزء الشرقي والغربي من منطقة نهر عطبرة والتي من شأنها ان تسهم بشكل واسع في الانشطة المختلفة للإنسان.

تقع أبار المياه الجوفية علي امتداد واسع من ضفاف نهر عطبرة وقد اسهمت عوامل طبيعية متعددة في توفر الابار بكثرة في هذه المناطق منها البناء الجيولوجي والتضاريس وإنحداراتها فضلا عن احوال المناخ والتربة وكان للعوامل المذكورة دوراً مهماً في تباين الخصائص الهيدرولوجية لهذه الابار من جانب وتباين خصائصها الفيزيائية والكيميائية من جانب اخر .



شكل (1-1) يوضح منطقة الدراسة

## 2-1 مشكلة البحث:

- 1) عدم وجود دراسات كافية عن الحوض الجوفي في منطقة الدراسة.
- 2) يلاحظ انه توجد الكثير من المشاريع الزراعية تعتمد علي الري من الحوض الجوفي مما يؤثر علي الكمية.
- 3) كثير من سكان ولاية نهر النيل يعتمدو علي المياه الجوفية.

## 3-1 اهداف البحث:

**الهدف الرئيسي:** دراسة هيدرولوجية للحوض الجوفي بمنطقة نهر عطبرة.

**الاهداف الثانوية:**

- تحديد حدود الحوض الجوفي بمنطقة الدراسة.
- حساب حجم الحوض الجوفي للمنطقة وتوزع المياه داخل الحوض.
- دراسة طبوغرافية الحوض الجوفي.

## 4-1 منهجية البحث:

1. الاطار النظري: يتم جمع المعلومات النظرية من المراجع بالمكتبة والإنترنت والمؤسسات الحكومية، بالإضافة للدراسات سابقة.
2. الاطار العملي: دراسة هيدرولوجية الحوض الجوفي لمنطقة نهر عطبرة وفقا للاتي:
  - a) يتم جمع بيانات الابار من الجهات الرسمية المختصة بولاية نهر النيل.
  - b) تحليل بيانات الابار من حيث الموقع وجودة المعلومات وتنقيحها باستخدام برنامج الاكسل.
  - c) دراسة تغير المناسيب في المنطقة (العمق الثابت والمتغير) لكل بئر.
  - d) استخدام برنامج Surfer لحساب حجم الحوض الجوفي.
  - e) استخدام برنامج Arc Map لرسم الخريطة الرقمية والتي توضح توزيع المياه الجوفية بالمنطقة.

## 5-1 هيكلية البحث:

1. الفصل الاول: يتضمن هذا الفصل عدة بنود وهي عبارة عن المقدمة، مشكلة البحث، اهداف البحث، منهجية البحث.
2. الفصل الثاني: ويشتمل علي الاطار النظري للمشروع.
3. الفصل الثالث: ويشتمل علي الاطار العملي للمشروع والاستنتاجات والخريطة والأشكال اللازمة لإتمام المشروع ومناقشة النتائج.
4. الفصل الرابع: ويشتمل علي الخلاصة والتوصيات.

## الفصل الثاني

### الإطار النظري

#### 2-1 المياه الجوفية:

تمثل المياه الجوفية ذلك الجزء من المياه المحجوزة في الخزان الجوفي المسامي، والناتج من تسرب وتخلل مياه الأمطار الي التربة والطبقات السفلية. ومن المصادر المهمة للمياه الجوفية: تسرب مياه الأمطار او المياه السطحية الي المخزون الجوفي، والتغذية الصناعية لزيادة المخزون الجوفي، والتسرب من الخزانات وشبكات المياه واحواض التحليل وغيرها من المنشآت، وتسرب مياه الري والبحيرات او الابار المثقوبة التي تستخدم للتخلص من الفضلات السائلة والمياه العادمة. ومن اهم العوامل المؤثرة علي زيادة المخزون الجوفي: خواص الماء (مثل: الكثافة، واللزوجة) وخواص الوسط الذي تنساب من خلاله المياه (مثل: المسامية والنفذية) والشروط الحدودية. ومن الطبيعي الاعتماد علي المياه الجوفية لاسيما وتمثل مصدر مياه جيد خاصة من النواحي البكتريولوجية، كما ويقل تأثير التغيرات الموسمية علي كمياتها. تتواجد المياه الجوفية في المكونات الجيولوجية التي لها خاصية النفذية وتعرف بالطبقات الحاملة للمياه ولها مكونات تسمح بحركة محسوسة للمياه من خلالها.

#### 2-1-1 تقسيم الماء الجوفي طبقاً لمصادره:

- 1- ماء جوي وهذا يتعلق بالمياه في الغلاف الجوي.
- 2- ماء وليد (صهير) ويعبر عن مياه صهيرية تخرج الي سطح الارض مع مقذوفات البراكين.
- 3- ماء متجدد ويعبر عن الماء المستخرج مؤقت من الدورة الطبيعية (بفعل التجوية) ثم عاد إليها (بواسطة التحول والانضغاط).
- 4- ماء حبيس عند حدوث الانخفاض العظيم في قشرة الارض تمتلئ مسامات الصخور الرسوبية بالماء المالح. وعند رفع الصخور تخرج المياه العذبة لتحل محل الماء المالح. وعادة تزداد ملحية الماء الحبيس أكثر من مياه البحار نسبة لإذابة مواد معدنية أخرى عبر الحقب الزمنية الطويلة.

كما يمكن تقسيم المياه الجوفية علي حسب فتحات الصخور علي النحو التالي :

أ- مياه مسامية حيث ان المسامات فيها عبارة عن فتحات في الصخور الرسوبية والمواد الحبيبية الاخرى. وهذه المسامات في حجم شعيرات مرتبطة مع بعضها مما يسمح معه بتطبيق قانون دارسي عليها.

ب- ماء شقوق (او ماء صدعي) وتحدث التشققات والتصدعات في الصخور الرسوبية الكثيفة التبلور. ويمكن ان للتشققات الرئيسة حجم اكبر من الشعيرات اما التشققات الفرعية فيكون لها حجم الشعيرات. ويمكن احياناً تطبيق قانون دارسي عليها.

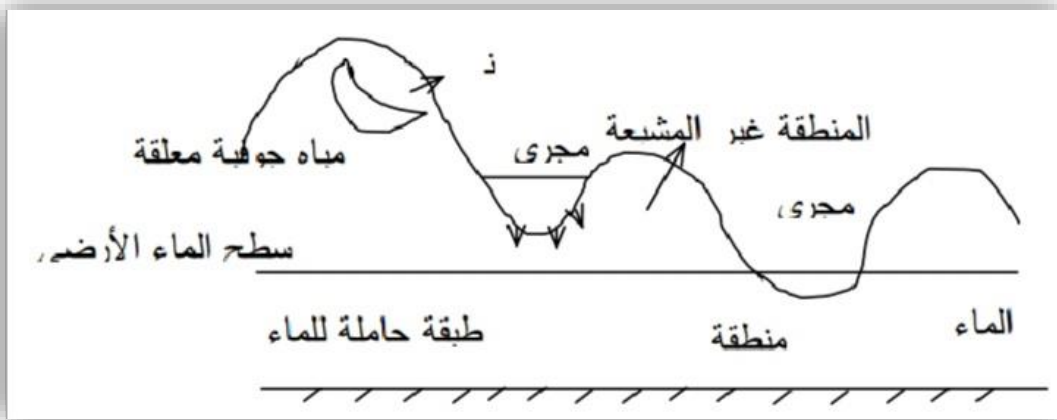
ج- ماء فتحات كبيرة أنبوبية او متكهفة يختص بالفتحات الكبيرة الحجر الجيري (وتسمى المياه متكهفة او كارست :منطقة أحجار جيرية ذات مجاري جوفية) واحياناً في الصخور البركانية ؛ وعادة يكون تدفق الماء مضطرباً.

يمكن تقسيم الخزانات الجوفية إلي :مسامية ومتشقة وكارست (جيرية) ومن امثلة الخزانات الجوفية المسامية الخزانات في الرمل والحصى.ومن خواص هذه الخزانات وجود مسامات صغيرة بها، لتنساب المياه خلالها بسرعات تتراوح بين بضع سنتيمترات في اليوم الي بضع أمتار في اليوم، وعادة تكون اقل من 40 م/يوم.

تتكون الخزانات الجوفية الكارست (الجيرية) في الحجر الجيري والدلوميت حيث تقوم المياه بعمل كهوف عند إذابتها للصخور، وعامة تعلقو فيها سرعات الماء التي ربما وصلت الي 30 كيلومتر/يوم.

تضم مناطق تواجد المياه الجوفية التالي:

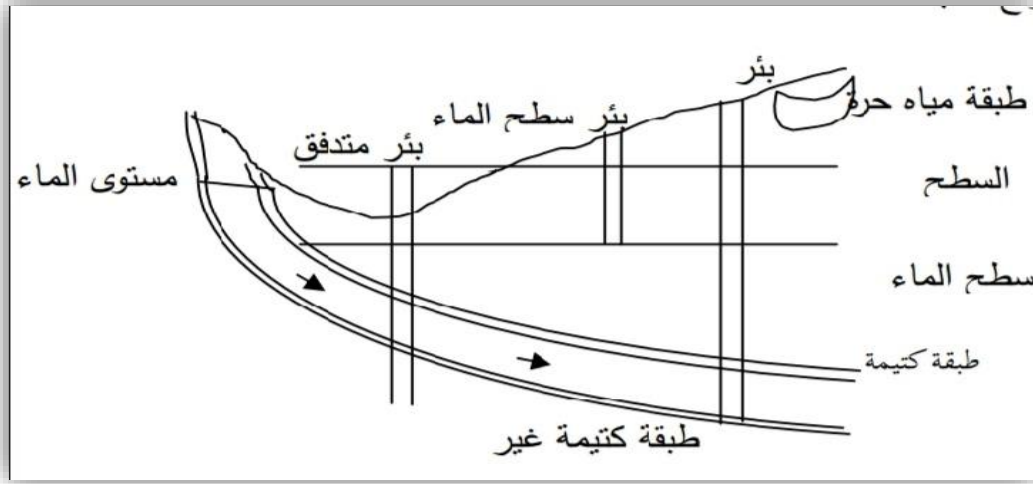
- تكوين دقيق المسام: تكوين غير نفاذ يمكن أن يمتص الماء لكنه لا يسمح بتمريره بكميات وافرة تغذي نهر او بئر تغذية محسوسة.
- تكوين غير منفذ (كتيم) : تكوين ليس به مسامات متصلة ومن ثم لا يمكنه إمتصاص او توصيل الماء (حجر القرانيت الصلب).
- منطقة التهوية (المياه المعلقة ، غير المشبعة): هذه المنطقة قريبة من سطح الارض حيث ان المسامات ممتلئة جزئياً بالماء وجزئياً بالهواء ؛ وتسمى المياه في هذه المنطقة بالمياه المعلقة (او مياه رطوبة التربة).
- منطقة التشبع : هذه المنطقة توجد تحت منطقة المياه المعلقة حيث كل المسامات ممتلئة بالمياه وتسمى المياه في هذه المنطقة بالمياه الارضية الجوفية .
- سطح المياه الجوفية : مياه ارضية حرة ؛ مياه غير ارتوازية : هو السطح الذي يفصل بين منطقة التهوية ومنطقة التشبع.والضغط علي هذه السطح جوي عندما تكون كتلة المياه الارضية غير محصورة بتكوين غير منغذ في اعلاها ويسمي أيضاً بالسطح غير الارتوازي.



شكل 1-2 مناطق تواجد المياه المختلفة

## 2-1-2 أنواع الطبقات الحاملة للمياه:

- طبقة حاملة للمياه غير محجوزة (طبقة المياه الحرة) : هي التي يمثل فيها سطح الماء الجوفي أعلى منطقة التشبع وتسمى أيضاً بالطبقة الحاملة للمياه الحرة أو مستوى الماء الجوفي أو الطبقة غير الارتوازية.
- طبقة المياه الحبيسة (المحصورة): تحدث عندما تكون المياه الجوفية محصورة بين طبقتين كتيمتين تحت ضغط أكبر من الضغط الجوي وتسمى أيضاً بالطبقة الارتوازية أو طبقة الضغط.
- طبقة المياه المعلقة : نوع خاص من الطبقة الحاملة للماء غير المحصور وتحدث عندما جزء من المياه الجوفية بطبقة كتيمة علي مساحة صغيرة بمنطقة التهوية فوق جسم المياه الأرضية. ويوضح الشكل (2-2) انواع الطبقات الحاملة للماء.



شكل (2-2) انواع الطبقات الحاملة للماء

## 2-2 إستكشاف المياه الجوفية:

من الأنسب وضع موازنة للماء الجوفي الحاضر والمستقبل لدراسة احتمال استخراج المياه الجوفية . وفي الظروف الثابتة فإن مجموع كل الماء الداخل يساوي كل الخارج ، وهذا ما يعرف بميزانية الماء الجوفي . وتعطى هذه الموازنة تقديرات عن احتمالات استخراج الماء الجوفي . أما الموازنة المستقبلية فيؤخذ فيها ميزانية الماء الجوفي الجديدة (المستقبلية) أكبر من أو مساوية للموازنة الحاضرة . وتعمل ميزانية الماء الجوفي لمنطقة معينة ذات حدود جغرافية معلومة ولمدة معينة من الزمن للتخلص من التغيرات الموسمية. وعليه يمكن تعريف ميزانية الماء بالمعادلة 1

الداخل = الخارج + الزيادة في المخزون

$$f + i + r + a = o + q + p + s \dots \dots \dots (1)$$

حيث:

$f$  = التغذية الطبيعية: تعني الأمطار ناقص النتح والإنسياب السطحي و التسرب.

$i$  = انسياب الماء الجوفي عبر حدود المنطقة قيد الذكر.

$r$  = إضافة وازدياد للماء الجوفي بسبب دخول مياه سطحية من انهار وقنوات وخنادق ، وهذه تحدث عندما يكون منسوب الماء الجوفي (او السميت البيزومتري) اقل من منسوب الماء السطحي.

$a$  = التغذية الاصطناعية (مثل محطات التغذية: تستطیح الارض ، البرك ، القنوات، ابار التغذية) او من فاقد الري.

$o$  = الماء الجوفي الخارج من حدود المنطقة.

$q$  = إنتاج او استخراج الماء الجوفي بواسطة الأبار او قنوات الصرف.

$s$  = الزيادة في المخزون.

وتمثل هذه الموازنة الوضع الراهن (الحاضر). اما الفرق بين معادلتين من هذا القبيل للحالة الراهنة والمستقبلية فيعطي الموازنة المستقبلية.

## 2-3 إنسياب الماء الجوفي:

استخدم دارسي في عام 1856م قاعدة هيزن وبواسيلي لانسياب المائع خلال الأنابيب الشعرية لسريان الماء عبر الوسط النفاذي والذي الي تناسب السريان خطياً مع فاقد السميت

كما موضح في المعادلة 2-3  $d_i$  وعكسياً مع خط السريان  $d_0$

$$v = k * i \dots \dots \dots (2)$$

$v$  = سرعة انسياب الماء (= السرعة النسبية).

$i$  = الميل الهيدروليكي.

$k$  = عامل التناسب (معامل النفاذية، او التوصيلية الهيدروليكية).

يطبق قانون دارسي علي السريان الرقائقي فقط ، وسريان المياه الجوفية رقائقي (طبيقي). اما معدل السريان لحوض الماء الجوفي فيوجد من المعادلة 3.

$$Q = V * A \dots \dots \dots (3)$$

حيث:

$Q$  = معدل سريان الماء.

$A$  = مساحة حوض الماء الجوفي العمودية علي اتجاه سرعة تدفق المياه فيه.

غالباً تكون السرعة الحقيقية للماء عبر المسامات (السرعة المسامية) اكبر من السرعة النسبية ، وذلك نسبة لأن مسار الماء خلال الوسط المسامي لا يتبع خطاً مستقيماً .ويمكن إيجاد السرعة الحقيقية بين المسامات من المعادلة 4 .

$$\bar{v} = \frac{v}{ne} \dots \dots \dots (4)$$

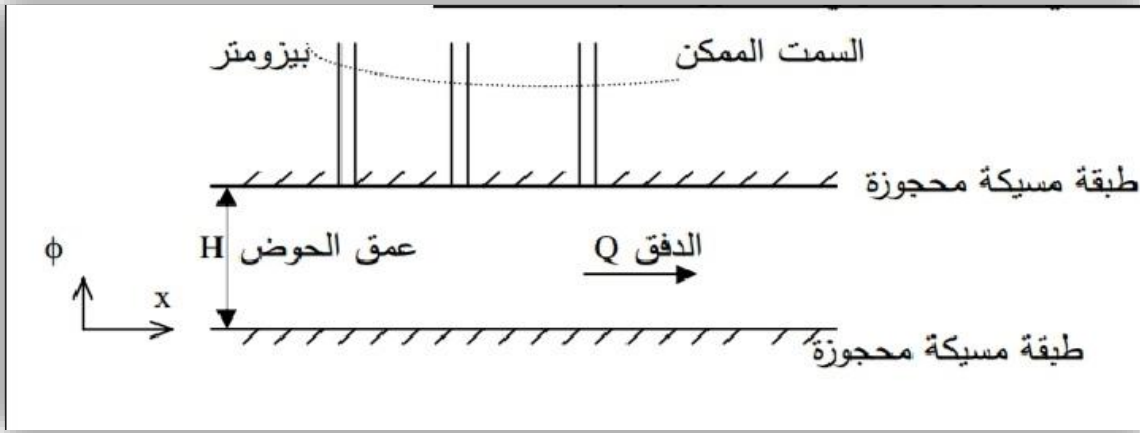
حيث:

$\bar{v}$  = متوسط السرعة المسامية (او السرعة الحقيقية) (م/ث).

$v$  = السرعة النسبية (م/ث).

$ne$  = المسامية الفعالة (لا بعدي).

تدفق الماء في الحوض الجوفي المحجوز:



شكل 2-3 تدفق الماء في الحوض الجوفي المحجوز

يمكن إيجاد سرعة تدفق الماء خلال حوض الماء الجوفي المحجوز باستخدام قاعدة دارسي كما مبين في المعادلة 5 .

$$v = -k \frac{d\phi}{dx} \dots \dots \dots (5)$$

حيث:

$v$  = السرعة النسبية في اتجاه  $x$  .

$k$  = معامل نفاذية الحوض (م/ث).

$\phi$  = السمت المتوقع (م).

$x$  = المسافة في اتجاه خط الانسياب (م).

خلال عرض حوض الماء الجوفي من المعادلة 6  $Q$  ويقدر تدفق الماء

$$.q = -kh \cdot \frac{d\phi}{dx} \dots \dots \dots (6)$$

حيث:

$q$  = معدل الانسياب في حوض الماء الجوفي علي وحدة عرض الحوض (م/ث/م)

$h$  = عمق حوض الماء الجوفي (م)

ويتعلق هذا الانسياب بحالتين لاستقرار التدفق علي النحو التالي:

أ – الانسياب في حالة الاستقرار: في حالة استقرار التدفق تتلاشى المشتقة الاولى لمعدل السريان كما مبين في المعادلة 7.

$$\frac{dq}{dx} = 0 \dots \dots \dots (7)$$

وبمفاضلة المعادلة 6 بالنسبة الي  $X$  وتعويضها في المعادلة 7 تنتج المعادلة 8

$$\frac{dq}{dx} = KH \frac{d^2h}{dx^2} = 0 \dots \dots \dots (8)$$

او

$$\frac{d^2\phi}{dx^2} = 0 \dots \dots \dots (9)$$

ويمكن حل المعادلة التفاضلية 9 لتعطي المعادلة 10.

$$\phi = bx + a \dots \dots \dots (10)$$

حيث:

$\phi$  = السمت اعلي مستوي إسناد مناسب

$a . b$  = ثوابت التكامل.

وبا افتراض ان صفر  $\phi$  = عند  $x$  = صفر ومن قانون دارسي  $\frac{d\phi}{dx} = -\frac{v}{k}$  تنتج المعادلة 11

$$\phi = -\frac{v \cdot x}{k} \dots \dots \dots (11)$$

مما يشير الي تناقص السمت خطياً في الاتجاه الموجب للمسافة  $x$  مع معدل انسياب الزمن.

إن الحل التحليلي لمعادلات انسياب وحيد البعد غير ممكن في حوض ماء جوفي غير محجوز، نسبة لأن منسوب المياه الجوفية يمثل الحد لأعلي، ولأن خط الانسياب يحكم توزيعه. وعليه تستخدم إفتراضات ديبوت للحصول علي حل تقريبي. وتتضمن إفتراضات ديبوت التالي:

- تتناسب سرعة إنسياب الماء عبر الحوض مع مماس الميل الهيدروليكي (اي ان

$$\frac{d\phi}{di} = \frac{d\phi}{dx} \text{ بالنسبة لقيم } d\phi .$$

- ينساب التدفق أفقياً عند اي نقطة غير انه ينتظم في الاتجاه الرأسي (عدا بالقرب من نقاط السحب).

وتبين المعادلة 12 طريقة تقدير الانسياب بافتراضات ديبوي وباستخدام معادلة دارسي.

$$q = -kh \frac{dh}{dx} \dots \dots \dots (12)$$

وبتكامل المعادلة 12 للحدود  $h = h_0$  عندما تكون  $x = 0$  تنتج المعادلة 13

مشيرة الي أن منسوب المياه الجوفية له شكل قطع مكافئ.

$$q = \frac{k((h_0^2 - h^2))}{2x} \dots \dots \dots (13)$$

ب – الانسياب في الحالة غير المستقرة : اما بالنسبة للحالة غير المستقرة في حوض ( لإيجاد معادلة عامة تبين إنسياب الماء الجوفي.  $s$  الجوفي فيستخدم معامل الخزن).

ويعادل هذا المقدار (حوض ماء جوفي غير محجوز) الإنتاج النسبي للحوض. ويعرف بحجم الماء الذي يتدفق من او يرد الي مخزون الطبقة الحاملة للماء لوحدة مساحة مسطحة ووحدة تغير السمات عمودياً علي مساحته . اما بالنسبة لحوض الماء الجوفي المحجوز فيمثل معامل التخزين مقياس إنضغاطية الحوض والماء (3،4) وعليه يمكن صياغة معادلة عامة توضحها المعادلة 14.

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = \frac{s}{kh} \frac{\partial h}{\partial t} \dots \dots \dots (14)$$

حيث:

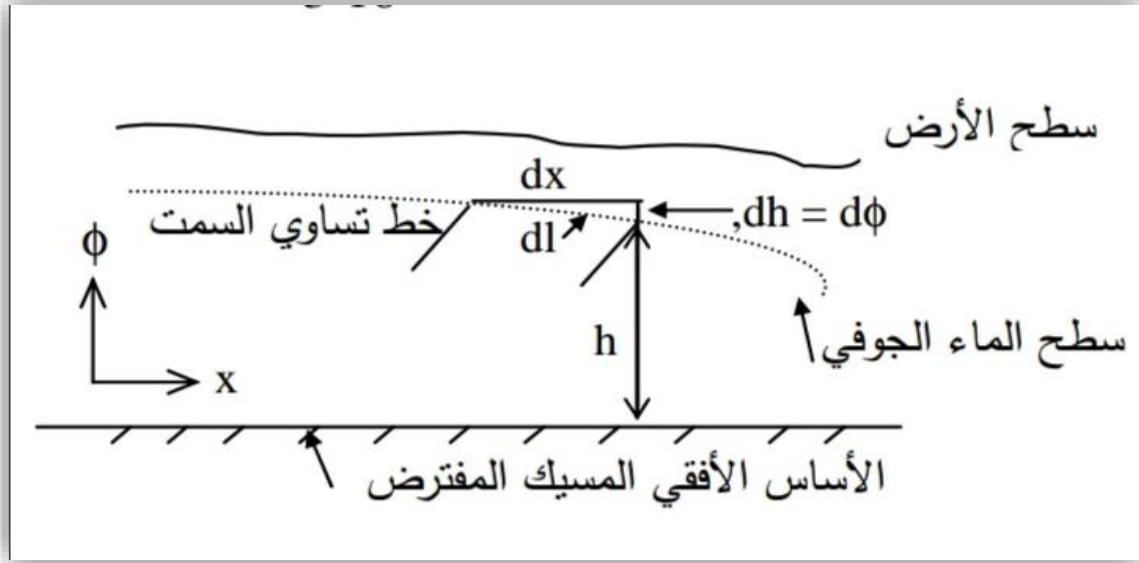
$h$  = عمق حوض الماء الجوفي المحجوز

$s$  = معامل الخزان

وتكون المعادلة المماثلة لحوض الماء الجوفي غير المحجوز معادلة لا خطية، غير ان المعادلة 14 يمكن تطبيقها عندما تقل التغيرات في العمق المتشعب.

اما بالنسبة لانسياب الماء المستقر عبر حوض ماء جوفي له سطح ماء جوفي يمكن إيجادها باستخدام معادلة دارسي واعتبار فرضيات ديبوت كما موضح في المعادلة 15.

$$q = -kh \frac{dh}{dx} \dots \dots \dots (15)$$



شكل 2-4 حوض ماء جوفي له سطح ماء جوفي

$$q = -\frac{1}{2}k \frac{dh^2}{dx}$$

ينتج تفاضل المعادلة 15 بالنسبة ل  $x$  المعادلة 16 .

$$\frac{dq}{dx} = -\frac{k}{2} \frac{d^2(h^2)}{dx^2} \dots \dots \dots (16)$$

وبتعويض معادلة الاستمرارية تنتج المعادلة 17 .

$$\frac{dq}{dx} = 0 \dots \dots \dots (17)$$

$$\frac{d^2h^2}{dx^2} \dots \dots \dots (18)$$

اما في حالة تغذية الحوض الجوفي بأمطار تهطل علي سطح الارض بافتراض ان معدل التسرب الكلي للمياه للحوض الجوفي تساوي  $N$  تنتج المعادلة 19 .

$$\frac{d^2h^2}{dx^2} = -\frac{2N}{K} \dots \dots \dots (19)$$

حيث:

$N$  = معدل التسرب الكلي للمياه الناتجة من الامطار.

بتكامل المعادلة 19 تنتج

$$\frac{dh^2}{dx} = -\frac{2N}{K}X + a$$

وبالتكامل التثائي للمعادلة 19 تنتج المعادلة 20 .

$$h^2 = -\frac{Nx^2}{K} + ax + b \dots \dots \dots (20)$$

حيث:

a و b = ثوابت التكامل .

## 4-2 الابار:

تؤخذ المياه من الخزان بواسطة الآبار. والبيئر عبارة عن حفرة داخل الارض تتصل بالخزان الجوفي، وتنزح منها المياه يدوياً او باستخدام المضخات.

### 1-4-2 أجزاء البيئر:

تتكون البيئر اساساً من خمسة اجزاء تضم: عمود إدارة، وغلاف، وساحب، ورأس البيئر، وجهاز رفع الماء. يمثل عمود الإدارة الحفرة الداخلة من سطح الارض الي داخل التربة (او الي داخل الخزان الجوفي)، وفائدته السماح بسهولة الدخول الي المياه الجوفية. وتختلف طريقة وضع عمود الادارة باختلاف نوع البيئر. ويقوم الغلاف بتبطين جوانب عمود الادارة ومنعه من الانهيار، كما ويعمل لحجز الماء الجوفي وفصله من اي ماء ملوث خارجي. ويُنشأ الغلاف من الخرسانة او المعدن، اما بالنسبة للآبار المحفورة فيمكن استخدام الطوب او الحجارة. وعادة يركب الغلاف بعد غمر (او اثناء غمر) عمود الادارة. اما الساحب فيمثل الجزء السفلي من الغلاف ويكون مخزماً او مواد مسامية. وفي كلا الحالتين فإنه يظل داخل الخزان الجوفي ويسمح بدخول الماء الجوفي الي الغلاف أما رأس البيئر فهو عبارة عن بناء خرساني في الغلاف أو(حوله) علي سطح التربة، ومهمته إعطاء قاعدة لنظام رفع الماء، ولمنع الملوثات من الدخول، ولصد الناس والحيوانات من الوقوع في البيئر، ولتصريف اي ماء سطحي. وعادة يتم بناؤه في تل ترابي اعلي السطح الاصلي للأرض بما يربو علي 15 الي 20 سم لصرف المياه المهدرة بعيداً عن البيئر. أما نظام رفع الماء فيمكن ان يكون مضخة، او مرفاع، او طاحونة هوائية، او اي طريقة اخرى لنزح الماء من البيئر.

### 2-4-2 أقسام الابار حسب طريقة إنشائها:

#### • الابار المحفورة:

هذه الابار اكثر شيوعاً لرخص ثمنها وسهولة إنشائها وصيانتها. وعادة يكون قطرها بين 1 الي 1.3 متر، وفي الغالب لايزيد عرضها عن عشرة أمتار. ويتم حفرها يدوياً باستخدام معول ومجرفة، وينزح تراب الحفر بجذبه بواسطة جردل (او اي إناء مناسب) إلي اعلي سطح الارض. من الافضل ان يعمل علي تبطين البيئر بالخرسانة، ويعمل الغلاف إما بغمر عمود الإدارة وبناء الغلاف في

موضعه، او بناء الغلاف في شكل مقاطع علي سطح الارض، وكلما حفر مقطع من التربة يوضع مقطع من الغلاف داخلها.

وعادة تستخدم كلتا الطريقتين لتبطين البئر، حيث تستعمل الطريقة الأولى حتي يصل الحفر الي مستوى الماء الجوفي، ثم يلجأ الي الطريقة الأخرى لغمر البئر في الخزان الجوفي ويطلق عليها عمل القيسون.

كما ويستخدم الطوب والحجارة لتبطين البئر، غير انه يصعب عمل وصلات ير نافذة للماء. ويصمم الساحب لمثل هذا البئر ليواكب طبيعة الخزان، وعادة تعمل مقاطع الغلاف داخل الخزان من خرسانة مسامية لتسمح بنفاذ الماء الي داخل البئر؛ غير انه يلجأ الي الخرسانة العادية للمقطع السفلي إذا كان الخزان الجوفي من رمال ناعمة، لكي لا تغلق بهذه الرمال، ويترك قطر عمود الإدارة مفتوح ويبطن بطبقات من حصى منتقي لايسمح بسهولة نفاذ الماء. وبعد وضع الغلاف في موضعه يتم إنشاء رأس البئر من التلة حول حافة البئر وعادة يوضع معه ساتر خرساني لأصرف المياه السطحية. وعند وضع مضخة في البئر يعمل لرأس البئر غطاء خرساني به فتحة للمضخة وغرفة تفتيش للمراقبة.

#### • الابار المسافة (الابار الانبوية):

هذه اسهل الابار إنشاءً، إذ يتم ادخال مقاطع من انابيب في رأس مصفاة مدببة تسمى رأس البئر، الي ان تصل الخزان الجوفي. وعادة يكون قطر رأس البئر ولأنابيب 30 الي 35 ملم، ويتم إدخال البئر الي عمق لا يتجاوز 8 أمتار. ويعمل رأس البئر كمدخل للبئر، كما تخدم الانابيب كغطاء لها. اما عملية ادخال الأنابيب الي باطن الارض فيمكن ان تتم باستخدام غطاء منساق يربط في الطرف الاعلي من الانبوب وتتوالى عليه الطرقات من مطرقة ثقيلة. او باستخدام أنبوب منساق يركب علي انبوب البئر، أو باستخدام قضيب منساق يدفع علي رأس البئر او غيرها من الطرق.

ومن اكثر انواع رأس البئر استخداماً أنبوب مخرم محاط بمصفاة وغللاف من نحاس اصفر مخرم، او انبوب فولاذي مخدد بدون غطاء. وبعد إدخال رأس البئر داخل الخزان تزال التربة من حول الانبوب لعمق لا يقل عن 2.5 متراً، ثم توضع مونة سائلة في الحيز حول الانبوب، وعندما تتماسك المونة السائلة يلحم السطح لتفادي اي تلوث، ولتثبيت الانبوب في موضعه. ثم يتم بناء كومة ورصيف خرساني، ويمكن إضافة مضخة عند قمة الانبوب.

#### • الأبار النافورية:

يتم حفر الابار النافورية بضخ ماء عبر انبوب حزم مثبت في وضع رأسي ومزود بجهاز قطع معين. ويتم تدوير الانبوب يدوياً مما يتيح سهولة ولوج الانبوب داخل الارض. ويضاف انبوب اخر في نهاية الاول إلي ان تصل البئر إلي الخزان الجوفي. ويمكن غمر انبوب قطره 38 ملم الي عمق 60 متراً، كما وقد استخدمت انابيب اخرى قطرها 250 الي 300 ملم الي اعماق 100 متراً. وتحتاج هذه الانابيب الاخرى الي مضخات اكبر وكميات اكبر من الماء. وعند الوصول الي الخزان يمكن جذب الانبوب من الحفرة، وفي حالة تفضيل استخدام الأنبوب كغللاف يمكن إزالة جهاز القطع وإستبداله بمصفاة. وبعد إتمام عملية إنزال الأنبوب تضغط المسافة بين انبوب البئر وعمود الإدارة بطين او خرسانة. ثم تبنى تلة خرسانية ورصيف او ساتر للصرف، ثم توضع المضخة. وتستخدم هذه الطريقة

في التربة المتفككة التي يمكن وضعها في حالة عالقة و إزالتها بفيض من الماء. غير أن هذه الطريقة لاتصلح للأرض الصخرية او الطين المتماسك.

#### • الأبار المثقوبة:

تحفر هذه الأبار يدوياً بمتقاب دوار يلج إلي باطن الارض ليمتلئ بالتراب، ثم يخرج ليفرغ ثم تعاد العملية. وعندما يصل الي الخزان الجوفي يسحب المتقاب ثم ينزل غلاف البئر ومصفاة البئر في عمود الإدارة. أما في حالة التربة الرخوة او التربة الرملية فينزل الغلاف أثناء تعميق البئر بطريقة مناسبة. ثم يملأ الفراغ بين الغلاف وعمود الإدارة الترابي بمونة خرسانية لعمق حوالي 3 أمتار. ثم تبني تلة ورأس البئر الخرساني او ساتر للصرف ثم توضع المضخة. عادة يكون قطر الأبار المثقوبة في حدود 50 الي 200 ملم ولا يتجاوز عمقها 15 متراً. وقد حفرت أبار اعمق وأكثر اتساعاً باستخدام مصدر طاقة ونوع معين من اجهزة التنقيب.

#### • الأبار المحفورة بالدق:

تحفر هذه الابار بمعدات أكثر تعقيداً وأغلى ثمناً، حيث تستخدم اجهزة ومعدات وسيارات للحفر وتجهز البئر بصورة جيدة.

جدول 1-2 محاسن ومساوي الأبار

نوع البئر	المحاسن	المساوي
الابار المحفورة	- المواد متاحة وسهلة - طرق الإنشاء تقليدية - يمكن ان تعمل كمستودع خزن - يمكن ان تستخدم فيها انواع مختلفة من من روافع الماء	- طريقة الحف صعبة - العمق محدود - تتأثر بالتغير في منسوب الماء الجوفي - لا تصلح للأراضي الصخرية او الجلود الكبيرة
الابار المساقة	- سهولة الإنشاء - لا تتأثر بالتغير في منسوب الماء الجوفي	- تحتاج الي رأس بئر خاص - العمق محدود - لا تصلح للأراضي الصخرية او الطينية الجلودية او الحصى الخشن
الابار النافورية	- يمكن تعميق الحفر - تزداد فرصة إيجاد الماء الجوفي - لا تتأثر بالتغيرات في منسوب الماء الجوفي	- التكلفة متوسطة إلي عالية - تحتاج الي اجهزة متخصصة - تحتاج الي عمالة ماهرة - لا تصلح للاراضي الصخرية او الجلودية
الابار المثقوبة	- سهلة التشييد عند وجود الأجهزة والخبرة - لا تتأثر بالتغير في منسوب الماء الجوفي	- تحتاج الي اجهزة معينة ومهارة - لا تصلح للاراضي الصخرية او جلود اكبر من المثاقب

<ul style="list-style-type: none"> <li>- ثمن الجهاز باهظ</li> <li>- تحتاج الي عمالة ذو خبرة</li> <li>للتشغيل والصيانة</li> <li>- يصعب حمل الاجهزة الي</li> <li>مناطق معزولة بعيدة</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تصلح لجميع انواع التربة</li> <li>- يمكن تعميق الحفر</li> <li>- تزداد فرصة النفاذ الي الماء الجوفي</li> <li>وايجاده</li> <li>- لا تتأثر بالتغير في منسوب الماء</li> <li>الجوفي</li> </ul>	<p>الابار المحفورة بالدق</p>
--	---	----------------------------------

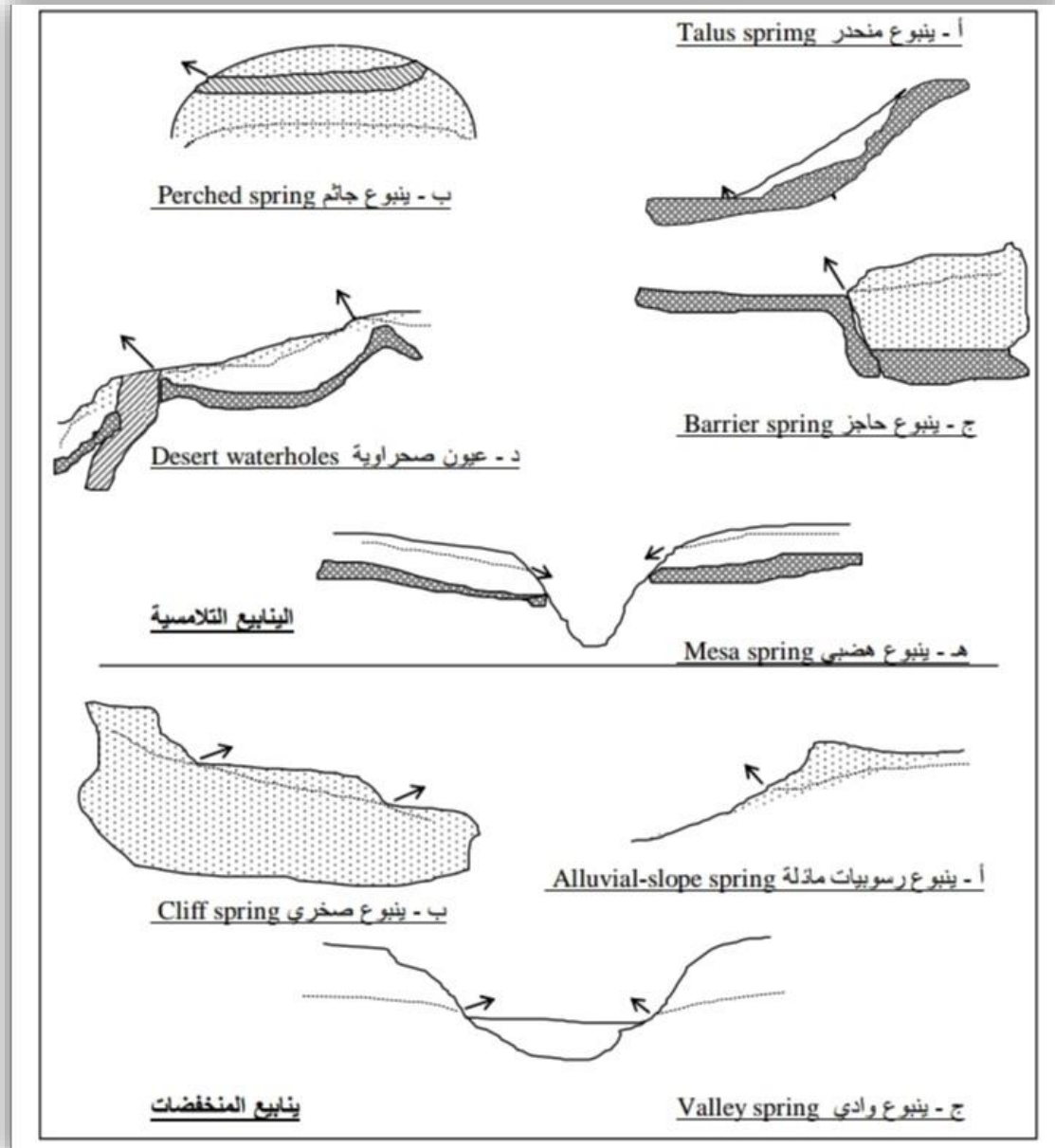
جدول 2-2 مقارنة بين انواع الابار

نوع الثر					المنشط
أبار مساقاة	أبار نافورية	أبار مثقوبة	أبار محفورة بالدق	أبار محفورة	
ترسل رأس البئر والأنبوب الفولاذي الي داخل التربة	يرفع الانبوب الي داخل الارض بنافورة من الماء وحركة المثقاب الدائرية	يدور المثقاب ويمتلئ بالتربة ثم ترفع وتفرق خارج الحفرة	تكسر التربة والصخور وتزال بخلطها بالماء بمضخة	تحفر التربة بواسطة معول ومجرفة، وترفع للخارج بالجردل والحبل	طريقة إدخال عمود الإدارة
50-30 ملم	100-30 ملم	200-50 ملم	كبير	10-1 م	القطر المتوسط
اكبر من 8 م	اكبر من 15 م	30-15 م	500-30 م وربما اكبر	20-6 م	العمق
انبوب فولاذي	انبوب فولاذي	انبوب فولاذي او خرساني	انبوب فولاذي	اسمنت، رمل، حصى، ماء (للخرسانة)	مواد الغلاف
نوع معين من رأس البئر	مصفاة بئر	مصفاة بئر او انبوب مخرم	مصفاة بئر	مقاطع خرسانة مسامية تبطين القعر بالحصى	الساحب
قليلة	متوسطة	متوسطة	لها خبرة	قليلة	العمالة الماهرة المطلوبة
لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد	ماء خارجي للإنشاء
قليلة	قليلة الي متوسطة	متوسطة الي عالية	عالية	متوسطة	التكلفة
لا توجد	لا توجد	لا توجد	لا توجد	لا توجد	الاحتياج الي مهارة إنشائية خاصة
لا توجد	لا توجد	لا توجد	توجد	لا توجد	الاحتياج الي اجهزة متقدمة
لا	لا	لا	لا	نعم	احتمال عملها كمستودع خزن
لا	لا	لا	لا	نعم	تشغيل انواع مختلفة من روافع الماء

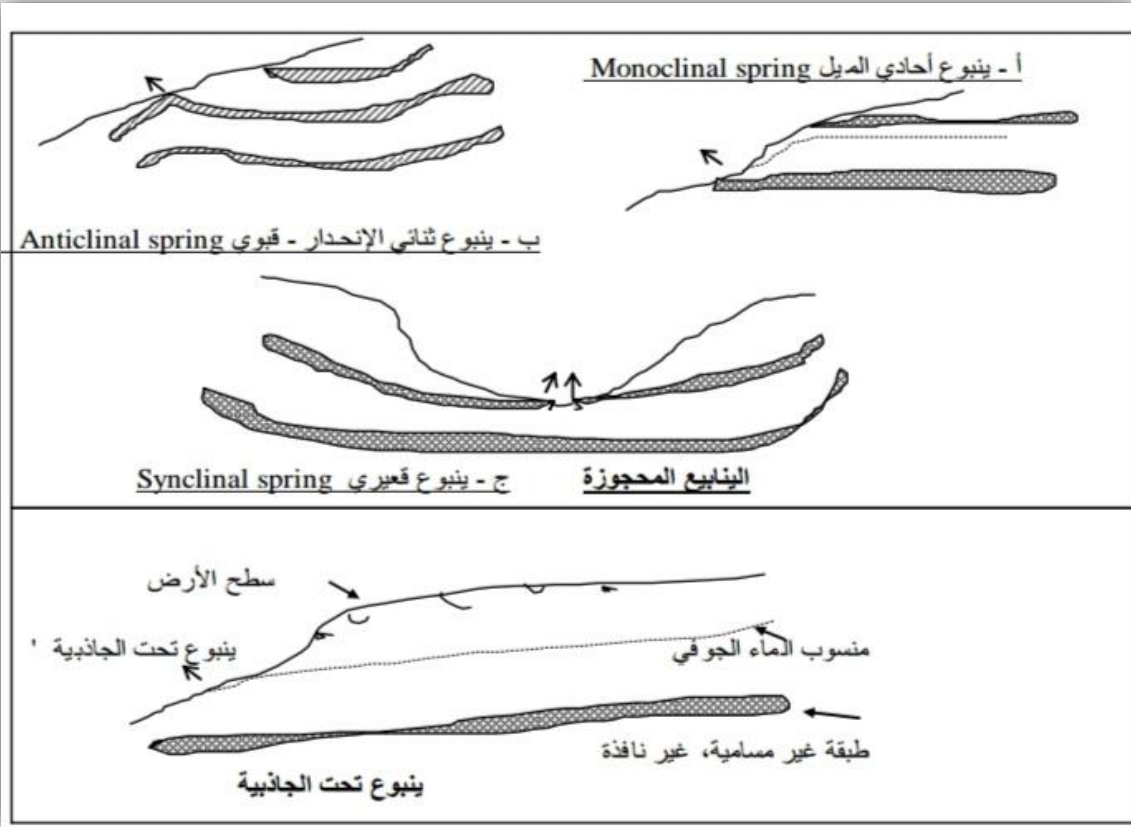
لا	لا	لا	لا	نعم	التأثر بالتغيرات في منسوب الماء الجوفي
لا توجد	الصخور الصماء، الجلمود اكبر من المتقاب	الصخور الصماء، الجلمود	الصخور الصماء، الطين الثقيل الجلمودي، الحصى الخشن	الصخور الصماء والجلمودية	التربة التي لا تصلح فيها البنر



- **الينابيع الفياضة:** عند هذه الينابيع تفيض المياه في اقل نقطة، ويمكن ان تتواجد في الصخور والصخور المضغوطة.
- **ينابيع التلامس:** هي من اكثر الينابيع تواجداً عندما تقوم الطبقة السفلية غير المسامية بطرد الماء خارجاً لسطح الارض؛ ومنها: الينبوع الجائم (عندما تقع طبقة مسامية فوق طبقة غير مسامية في قمة جبل)، او الينبوع الانحداري، والمنزلق، والركامي.
- **الينابيع العازلة:** يمكن ان تكون بسبب قفل وانسداد الخزان الجوفي مثلاً عند القطع الناتج من السدود الصخرية، أو جسم شبه بركاني، أو تصدع، أو غيره من العوامل المؤثرة.



شكل (2-5) يوضح الينابيع التلامسية و ينابيع المنخفضات



شكل (6-2) يوضح الينابيع احادية الميل وثنائية الانحدار والينابيع المحجوزة والينابيع تحت الجاذبية

## 6-2 المياه الجوفية في الوطن العربي:

لقد قطعت أقطار الوطن العربي تقدماً ملموساً في مجال التعرف على مواردها المائية الجوفية حيث تركزت الدراسات على استكشاف الطبقات المائية الجوفية من حيث انتشارها وإمكاناتها المائية وأعماقها ونوعية مياهها كما أقامت شبكات الرصد لمراقبة المناسيب ونوعياتها الكيميائية وتقدير كميات المياه الجوفية المتوفرة. وبالرغم من المصاعب التي تتمثل في الشروط الجيولوجية والانتشار الواسع للطبقات وعدم تجانس الأوساط الحاملة للمياه، إضافة إلى ظروف التغذية المرتبطة بالأمطار والتي بدورها عرضه لتبدلات كثيرة مما ينعكس سلباً على حساب الموازنة المائية للطبقات المائية الجوفية.

هذا ويمكن حصر المجموعات الهيدروجيولوجية الرئيسية للصخور في الوطن العربي في ست مجموعات تضم كل منها طبقة مائية واحدة أو عدة طبقات مائية تكون غالباً على اتصال هيدروليكي فيما بينها.

### 1-6-2 المجموعات الهيدروجيولوجية الرئيسية للصخور:

- مجموعة الصخور البلورية القديمة (ما قبل الكامبري).
- مجموعة الصخور الرملية القارية العائدة للحقبة الأولى.

- مجموعة الصخور الرملية القارية العائدة للحقبتين الثانية والثالثة.
- مجموعة الصخور الكربوناتيّة العائدة للحقبتين الثانية والثالثة.
- مجموعة الصخور الحطامية العائدة للحقبتين الثالثة والرابعة الحديثة.
- مجموعة الصخور البازلتية.

## 2-6-2 أنواع الطبقات المائية:

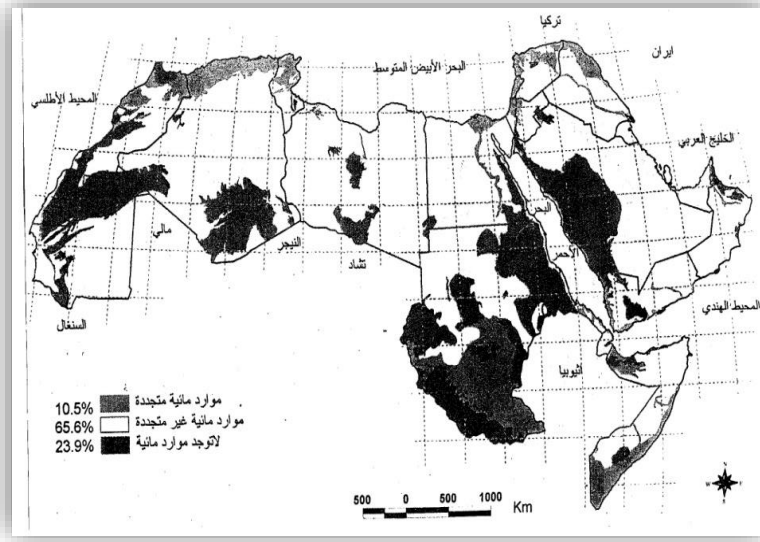
- الطبقات المائية ذات الموارد المتجددة وهي الطبقات التي تردها تغذية سنوية أو شبه منتظمة من مياه الأمطار أو الأنهار لتعويض المستثمر بشكل كلي أو جزئي وفق الظروف المناخية السائدة في أماكن تكشفت هذه الطبقات والتي يكون امتدادها عامة محدوداً ومناطق التغذية قريبة من مناطق الصرف وأعماقها قليلة أو متوسطة كما وأنها تتسم بحساسيتها لتغيرات الأمطار وهي عرضة للجفاف.

أمكن عن طريق تقنيات النظائر البيئية والمشعة تحديد انتشار هذه الطبقات على طول سواحل البحر الأبيض المتوسط الشرقية والجنوبية وجبال الأطلس في المغرب والتي تتميز بهطول مطري يتراوح وسطياً ما بين 400-600 ملم/السنة، وطبقات المياه المنتشرة في السهول الساحلية وكذلك لحقيات الأنهار الدائمة الجريان والأودية الموسمية المنتشرة في شبه الجزيرة العربية وحزام السافانا. وذلك اعتماداً على نتائج دراسات النظائر التي قام بها المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة والوكالة الدولية للطاقة الذرية العالمية.

- الطبقات المائية ذات الموارد غير المتجددة وهي الطبقات التي لا تردها تغذية سنوية منتظمة أو حديثة لتعويض الفاقد نتيجة الاستثمار وتتسم هذه الطبقات ببعيد مناطق الصرف عن مناطق التغذية بالإضافة لامتدادها الجغرافي الواسع ومخزونها الجوفي الكبير وتواجد المياه تحت ضغوط قد تكون كبيرة إلى درجة تؤدي إلى تدفق ذاتي من الآبار ولعشرات الأمتار وهذه هي الصفة الدائمة لمعظم طبقات الوطن العربي.

أظهرت دراسات النظائر أن تغذية مثل هذه الأحواض تعود إلى فترات مطيرة سابقة 5000 أو 2000 أو 40000 سنة. ومن أهم هذه الطبقات تلك المعروفة باسم الحجر الرملي النوبي والتي تمتد بين السودان ومصر وليبيا وتشاد وكذلك طبقة القاري المتداخلة التي تمتد بين تونس والجزائر وجنوباً حتى الصحراء الكبرى. وفي المشرق العربي هنالك الطبقات المنتشرة في البادية السورية والعراقية والأردنية، وكذلك طبقات الدمام وأم الرضمة والوسيع والساق في شبه الجزيرة العربية وهي أحواض مشتركة في غالبها بين الأقطار العربية.

هذه الطبقات المائية العميقة والمشاركة لم تحظ بدراسات دقيقة لتحديد كميات المخزون عدا جمهورية مصر وتونس والجزائر.



الشكل 2-7 يوضح الموارد المائية المتجددة والغير متجددة في الوطن العربي

## 2-7 المياه الجوفية في السودان:

تشمل الموارد المائية في السودان مياه الأمطار والأنهار والمياه السطحية والجوفية، وتهطل الأمطار بغزارة في جنوب ووسط السودان، على الرغم من أن شمال السودان جاف بشكل عام لكنه غني باحتياطيات المياه الجوفية.

وطبقاً لاتفاقية مياه حوض وادي النيل المبرمة في عام 1959م تبلغ حصة السودان في مياه النيل حوالي 18,5 بليون متر مكعب لكن الاستعمال الفعلي حالياً يبلغ 12,2 متر مكعب. ويتم الاحتفاظ بالمياه المتدفقة من الأودية في خزانات خلف السدود لتوفير الاحتياجات البشرية واحتياجات الحيوانات المنزلية، وتعتبر السهول المنخفضة والمستنقعات وأماكن تجمع مياه الأمطار تقليدياً مراعي للحيوانات المنزلية.

ويعتبر المخزون الاستراتيجي للمياه الجوفية يمثل أكثر من 200 ضعف إجمالي تدفقات المياه من النيل أما في السودان فتنتشر المياه الجوفية في أكثر من 50% من مساحة السودان، كما يقدر مخزونها بنحو 15,200 مليار متر مكعب، إلى 39,755 مليار متر مكعب ويأتي حوالي 28% منها من حوض النوبة و20% من حوض أم روابة في ولاية شمال كردفان.

### 2-7-1 توزع المياه الجوفية في السودان:

- تتوزع المياه الجوفية بين 3 أحواض جوفية رئيسية وهم:
- الحوض النوبي الرسوبي في شمال غرب السودان.
  - حوض تكوينات أم روابة في جنوب وسط السودان.
  - حوض البقارة.

## • الحوض النوبي في الصحراء الشمالية الغربية:

يمثل واحداً من أضخم احتياطي للمياه الجوفية العذبة وربما في العالم أجمع، ويعتبر حوض الحجر الرملي النوبي عبارة عن خزان جوفي للمياه حيث تبلغ مساحته تقريبا مليوني كيلو متر مربع، وتقع كل هذه المساحة المتصلة داخل حدود أربعة دول، هي السودان، جمهورية مصر العربية، الجماهيرية العربية الليبية، جمهورية تشاد.

كما يعتبر المساحة المقدره والواقعة داخل حدود السودان لحوض الحجر الرملي حوالي (750) سبعمائة وخمسون ألف كيلو مترا مربعا، أي حوالي 37,5% من مساحة الحوض الكلية، وهذه المساحة تضم ولايات شمال دارفور، شمال كردفان، والشمالية على الحدود المصرية مع السودان، وهي أشد مناطق السودان تعرضاً لجفاف منذ عام 1985م، كما أن الجهود والبحث مستمرة من الجانب السوداني من أجل زراعة الأحزمة الشجرية، وتعمير هذه المناطق.

تعتبر تنمية حوض الحجر الرملي النوبي حجر الزاوية للبرامج التي قد تؤدي الى تحقيق الأمن الغذائي وإصلاح مشاريع القمح بالشمالية في المستقبل، وذلك بوقف الزحف الصحراوي برى هذه المناطق والقيام بزراعتها.

على الرغم من أنه لم يتم دراسة هذا الخزان الجوفي دراسة علمية مكثفة لتحديد المخزون المائي فيه، وطريقة وكمية التغذية السنوية وبالذات تحديداً على الجزء الذي يلي السودان، إلا أن هناك دراسات متناثرة تشير إلى وجود مخزون كبير يمكن الاستفادة منه وتنمية حقيقية مستدامة أو نوعية للمياه المتوفرة فيه وتعتبر صالحة للاستخدامات المختلفة و إن معظم التغذية السنوية له تأتي من النظام النيلي في السودان وترسيب مياه الأمطار.

## • حوض ام روابة الجوفي:

يعتبر رواسب بحرية المنشأ وترجع في تكوينها إلى أواخر عصر البلايستوسين وأوائل عصر البلايستوسين، عندما اجتاحت السودان موجات من الزلازل نجم عنها مجموعة فوالق أدت إلى تكوين بعض المنخفضات مثل منخفض أم روابة، بارا، بابنوسة.

وفي أوائل البلايستوسين ساد في السودان مناخ قاري، فترسبت كميات ضخمة من سديم السيول في هذه المنخفضات والبحيرات الضحلة مكونة رسوبيات أم روابة، وتحتوي تكوينات أم روابة على كميات عالية من المياه الجوفية ذات الجودة المرتفعة أكثر من الحجر الرملي النوبي ولكنها محدودة الامتداد.

أما تكوينات الصخور الصلبة والتي تتركز في الشرق وغرب الوسط وجنوب غرب البلاد فإنها تمثل حوضاً جوفياً فقيراً، حيث توجد كمية كبيرة من المخزون المائي تحت الطبقات السطحية للأرض.

## • حوض البقارة:

هو منطقة مياه جوفية رسوبية في غرب السودان ويمتد حتى الأطراف الشمالية في جنوب السودان وإفريقيا الوسطى.

يمتد في ولايات كردفان ودارفور في محليات الضعين وبرام وعديلة وكتيلة وتلس وقريضة وجزءاً من رheid البردي وشعرية ويمتد حتى شمال بحر الغزال في جنوب السودان وشمال جمهورية إفريقيا الوسطى ويحده رسوبيات دلنا وادي الكوع بمنطقة مهاجرية بولاية دارفور وحوض المجلد.

تقدر كمية المياه الجوفية التي يحتويها الحوض بحوالي 1,7 مليار متر مكعب على اعماق تتراوح بين 10 و75 متر. وتتراوح ملوحة المياه العذبة فيه من 500 إلى 800 جزء في المليون، يستخدم منها حوالي مليون متر مكعب سنوياً.

حوض البقارة نظام متعدد الطبقات يتكون الحوض من تكوينات أم روابة ويعلو التكوين النوبي ولا يتسق معه ويكمن الشبه الليثولوجي الرئيسي مع الجزء الجنوبي للحوض في الصخور الرسوبية -

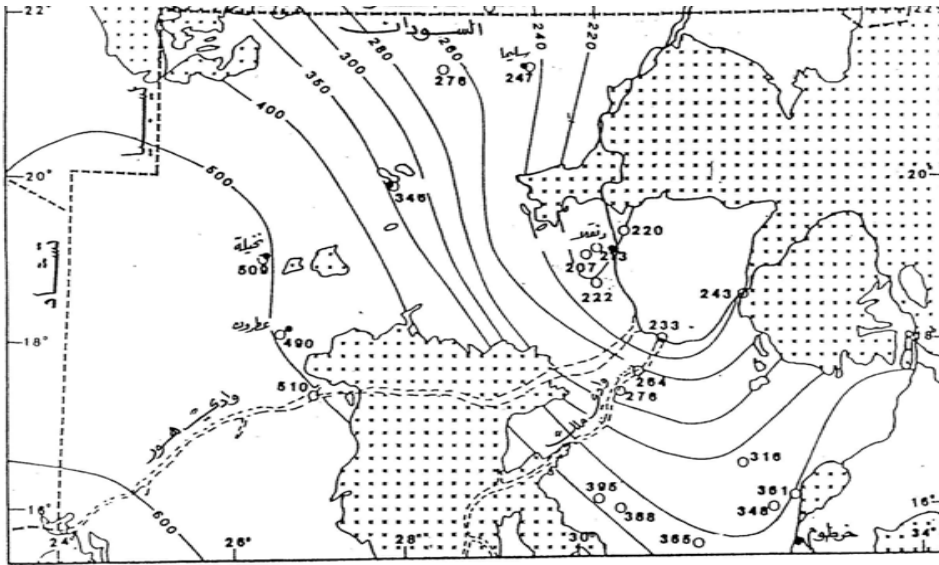
الحجر الرملي وكلاهما يتميز بمسامية أولية عالية تتكون من الصخور الرسوبية الدقيقة والمتوسطة ومسامية ثانوية، أي الكسور، والترابط الأفقي العالي. وتوجد المياه في الطبقات المشبعة التي تشمل رواسب من العصر الثالث والعصر الوسيط.

### 2-7-2 عملية التغذية:

وتتم عملية التغذية من الأودية أو من خلال منطقة الترابط بين الصخور المهذمة، والمصدر الغالب للتغذية هو هطول مياه الأمطار. متوسط الأمطار في السنة 620 ملليمتر.

تبلغ التغذية السنوية، والتي هي 100 % داخل السودان وجنوب السودان حوالي 185 ملليمتر مكعب في السنة على مساحة تُقدر بحوالي 141000 كيلومتر.

من المعروف أن هناك العديد من الآبار المحفورة باليد في منطقة الحوض، وفي هذه المناطق يتراوح عمق التكوين الحامل للماء ما بين 16-30 متر تحت السطح.



الشكل ( 8-2 ) يوضح سطح المياه الجوفية في السودان

## الفصل الثالث

### الأطار العملي

#### 1-3 تجميع البيانات:

تم الحصول على بيانات لعدد 223 بئر من هيئة مياه ولاية نهر النيل و إدارة المياه الجوفية والوديان وشملت هذه البيانات علي إحداثيات مواقع هذه الآبار (خطوط الطول ودوائر العرض) والاعماق الفعلية لهذه الآبار والمناسيب الثابتة والمتحركة و إنتاجية المياه لهذه الآبار، ونموذج لهذه البيانات في الشكل رقم(1-3).

Name	SWL	DWL	H	LAT	LONG
A Hassan Osama	8	17	9	18.27789	33.93553

الشكل (1-3) يوضح نموذج للبيانات التي تم التحصل عليها

#### 2-3 تحليل وتنقيح بيانات الآبار:

تم تفرغ بيانات الآبار المتحصل عليها في جداول إلكترونية وتم إستبعاد الآبار الناقصة البيانات والمحطات الي تحتوي علي بيانات مكتملة تم تنقيحها واصبح العدد بعد التنقيح 165 بئر.

الجدول 1-3 يوضح الآبار المنقحة

Name	LAT	LONG	SWL	DWL	H
A Hassan Osama	18.27789	33.93553	8	17	9
Aabdallah Aas	18.2415	33.95867	12	19	7
Abdalgader Bab	17.94072	33.99881	8	20	12
Abdalgfar Moha	17.79567	33.96044	12	25	13
Abdalkhalg Khd	17.95358	33.95694	12	21	9
Abdalla M Z	18.14525	33.95461	10	19	9
Abdlla Ali H	17.81	34.00722	16	28	12
Abdalla Elgna	18.19206	33.97303	12	20	8
Abdallah Mhmoo	17.78458	33.96319	10	20	10
Abdallgfar Rzg	17.94214	33.99847	8	15	7
Abdagfar M TAH	18.16267	33.9605	8.5	9	0.5
Abo Hraz	18.03069	33.95647	14	25	11
Adam M Hamed	18.25628	33.94797	8	17	9
Adel Hassan	18.23556	33.95872	12	18	6
Adel Bashir	17.82611	34.01458	10	20	10
Ahmed Hamdan	18.05278	33.98144	12	18	6

<b>Name</b>	<b>LAT</b>	<b>LONG</b>	<b>SWL</b>	<b>DWL</b>	<b>H</b>
Ahmed Zaeen Ba	17.95608	33.95644	10	22	12
ALAlhasn	18.25936	33.86622	12	20	8
Alabadeia	18.23933	33.95056	10.8	20	9.2
Alabadeia	18.19583	33.96089	8.85	16	7.15
Alabadeia BH	18.21719	33.95719	8.48	22	13.52
Alaod Alsaid	18.16175	33.96589	15	27	12
Alasyab BH	18.1619	33.96244	10	25	15
Alawad Abozeed	17.79731	33.96089	12	25	13
Alawad Ahmed A	17.77983	33.95936	10	25	15
Aldangeel BH	18.12947	33.91206	11.6	22	10.4
Alemtedad Nort	17.72031	34.00044	18	30	12
Alfrekha BH	18.14756	33.96306	10.5	28	17.5
Algale Alkhr	18.26122	33.95011	10	15	5
Algdwab BH	18.056	33.98578	12	28	16
Algdwab2 BH	18.06269	33.98431	12	28	16
Algmerat BH	18.18506	33.97278	11	26	15
Algmhtab	17.91456	34.00911	14.8	30	15.2
Algmerat2 B	18.18278	33.96536	8.5	26	17.5
Algraneys	18.27358	33.87408	6.83	15	8.17
Algwol	18.29083	33.83928	6.34	18	11.66
Alhafab BH	18.15767	33.96294	9.3	15	5.7
Alhag Alata Eb	17.76722	33.95964	12	21	9
Alhag Alkhair	17.93589	33.99969	12	18	6
Alhasa BH	18.11225	33.96264	15.9	28	12.1
Ali Mostafa	18.06803	33.99414	16	30	14
Ali Ahmed Abd	17.78078	33.95992	12	25	13
Ali Mhgoob	17.78194	33.9965	15	25	10
Ali Omeran	17.78825	33.96156	12	20	8
Akaylab	17.91175	33.99492	7.31	19.8	12.49
Almagbol Moham	17.78875	33.95633	10	20	10
Almseed	18.00392	33.95606	11.2	25	13.8
Alsadabua	17.8645	33.99719	7.58	20	12.42
Alshagla	17.93161	34.00764	16.8	32	15.2
Alshakh Abda 1	17.81506	34.05311	17	33	16
Alshakh Abda 2	17.81056	34.05894	16	33	17
Alshakh Abda 3	17.80706	34.06164	17	33	16
Alshakh Abda 4	17.78689	34.05697	17	33	16
Alshakh Abda 5	17.79031	34.07552	17	33	16
Alshakh Abda 6	17.77928	34.08058	17	33	16

<b>Name</b>	<b>LAT</b>	<b>LONG</b>	<b>SWL</b>	<b>DWL</b>	<b>H</b>
Alshakh Abda 7	17.78797	34.08475	17	33	16
Alshakh Abdalb	17.82583	34.05139	17	33	16
Alshakh Habob	18.29908	33.96747	11	19	8
Alshakh Albadr	18.05494	33.99819	15	28	13
Alsima	17.84239	34.00128	8	18	10
Alsir M Ebrah	18.07589	33.97578	15.1	31	15.9
Altloab North	17.89167	34.01119	13.2	29	15.8
Alwohda Atbra	17.7045	34.03486	18.8	32	13.2
Anybes	17.95189	34.00094	20.4	33	12.6
Arab Albeer	18.11297	33.93822	12	32	20
Arabain Food C	17.73114	34.02908	23	35	12
Atbara 03	17.7834	34.11092	6	15	9
Atbara New Patu	17.78892	34.05181	18	30	12
Banet	17.80314	34.00078	8.37	20	11.63
Blal Mohamed A	17.80106	33.96183	8	26	18
Braey Omer A	18.14789	33.95756	8	14	6
Cement Brber	17.93264	34.05014	18	30	12
Dawod Khyry	17.78936	34.0005	15	28	13
Ebrahim Abshe	17.99047	33.95989	10	20	10
Ebrahim M Abda	18.26256	33.96369	11	20	9
Eisa Hag Abeed	17.79589	34.00228	16	30	14
Esmaail Mustfa	18.23089	33.96172	12	20	8
Food Scecuraty	17.72219	34.01986	23.1	30	6.9
Fteharihman Al	17.7925	33.95111	12	25	13
Galal A Alkhir	18.26078	33.94842	10	15	5
Gebreel Mhmod	17.80383	33.96239	8	20	12
Hamed Mohamed	17.78339	33.96122	12	20	8
Helt Yones	18.08978	33.94736	8	22	14
Hesaan Alhasn	17.79264	34.00739	15	28	13
Hesaan Alzeyn	17.79181	34.00517	15	23	8
Kdbas 01	17.97781	33.95658	15	24	9
Kenoor 01	17.76811	34.00506	15.6	30	14.4
Kenoor 02	17.75506	33.9961	13	28	15
Khalifa Khalf	18.24986	33.95111	10	25	15
Khder Mohamed	17.95706	33.95386	12	27	15
Khlaywa 01	17.73244	33.99183	18.2	31	12.8
Khlaywa 02	17.73089	34.00017	19.9	32	12.1
M Alameen Tah	18.14419	33.95431	10	22	12
M Ali Ahmed	18.17236	33.95883	8	15	7

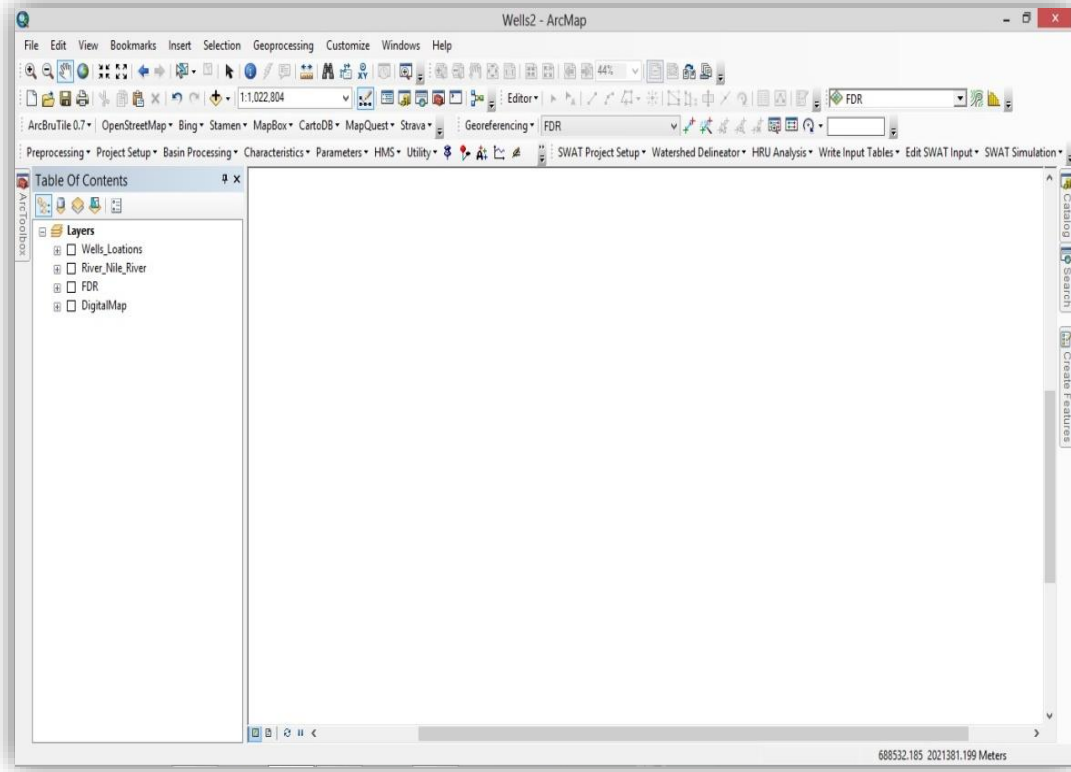
<b>Name</b>	<b>LAT</b>	<b>LONG</b>	<b>SWL</b>	<b>DWL</b>	<b>H</b>
M Said Ahmed	18.16617	33.96825	10	18	8
Mergny Yosef	18.00424	34.08797	18	32	14
Mhamed Deifall	17.80053	33.96164	8	25	17
Mohamed Ahmed 1	17.78169	33.95656	12	25	13
Mohamed Gaafer	17.76403	33.95997	12	20	8
Mohamed Hasn A	17.80725	34.00731	11	25	14
Mohamed Hasn G	17.97648	34.03319	18	33	15
Mohamed Faisl	18.23908	33.96328	11	18	7
Mohammed Gamel	18.2845	33.93903	10	12	2
Mohamed Nor	18.27686	33.93475	7	15	8
Moheyaldeen Mo	17.76458	33.96017	12	20	8
Msged Algbesh	17.95853	33.96139	9	16	7
Nagzo Bh	18.07644	33.98108	11.7	27	15.3
Omer M Abdalmged	18.16436	33.95969	9	20	11
Osman Alhsan	17.79314	34.00203	15	28	13
Osman Altegany	18.04781	33.98172	21	26	5
Osman Babker	17.76622	33.96069	12	20	8
Osman Elaaged	18.17819	33.96286	7	13	6
Rall Away	17.69269	34.12058	12	25	13
Rhmetallah Ebr	17.87986	33.96253	8	10	2
Slah Almdfee 1	17.73183	34.16106	12	20	8
Slah Almdfee	17.73458	34.16856	12	20	8
Wad Albdry Bh	18.09886	33.97944	12	20	8
Yaser Osman	18.00361	34.0085	16	30	14
Yasseen Abdallah	18.23428	33.96025	11	18	7
Rahided Alhsania	17.45	33.78333	19.4	30	10.6
Almotmr	17.1	33.7	19.4	19.8	0.4
Alababda	17.43333	33.85	9.14	13.9	4.76
Altandia	17.53333	34.03333	22.8	25.6	2.8
Wrshat miah alrif	17.41667	33.95	11.9	13.5	1.6
Kro Grsi	17.36667	34.31667	8.5	8.8	0.3
Alsha and Aladila	17.21667	33.76667	21.9	32	10.1
Wadi Almkabrab	17.45	33.88333	25.2	28.3	3.1
Alfriea	17.5	33.95	6.78	19.8	13.02
Hilt Alfaki	17.26667	33.55	23.4	34	10.6
Khalawi Aldrosa	17.4	34.26667	15.6	16.63	1.03
Kro Abo snon 1	17.33333	34.35	12.4	13.4	1
Mamon Alzirae	17.58333	34	16.7	21.4	4.7
Mohamed Ebrahim	17.48333	33.95	16.02	18.3	2.28

<b>Name</b>	<b>LAT</b>	<b>LONG</b>	<b>SWL</b>	<b>DWL</b>	<b>H</b>
Masibo 1	17.75	34	7.01	7.9	0.89
Estad Aldamer	17.41667	33.95	9.8	10.9	1.1
Bagir Alaliab	17.4	33.85	14.1	33	18.9
Alhawia	17.31667	33.81667	14.3	29	14.7
Aldamer 3	17.58333	33.96667	10.7	23	12.3
Almgabrab	17.28333	33.38333	23.5	34	10.5
Aldamer almsagen	17.58333	33.95	7.3	19	11.7
Shabinab	17.58333	33.95	11.5	15	3.5
Alnoba and Alfadnia	17.13333	33.68333	19.7	36.3	16.6
Alhora	17.18333	33.71667	17.3	32.03	14.73
Kro Abo snon 2	17.33333	34.35	12.2	18.04	5.84
Garsi	17.36667	34.31667	7.62	18.6	10.98
Alktiab Almozgia	17.03333	33.53333	20.7	36	15.3
Alaaliab Algbel	17.36667	33.78333	13	26.8	13.8
Alfadnia	17.11667	33.68333	18.9	33	14.1
Shwirb	17.26667	33.73333	17.9	35.6	17.7
Wahib m	17.41667	33.83333	8.5	18.3	9.8
Almofraa	17.06667	33.53333	16.5	26.8	10.3
Khalawi Almahdia	17.28333	33.68333	11.3	12.1	0.8
AlskaHdid 2	17.7	33.96667	6.7	16.8	10.1
Alshwirb	17.26667	33.73333	21.3	28	6.7
Alhsaia	17.48333	33.88333	10.4	13.7	3.3
Estad Aldamer	17.58333	33.95	7.6	15.24	7.64
Albosli	17.53333	34.18333	6.2	7.2	1
Alaaliab wst	17.26667	33.76667	14.9	27	12.1
Gandil Alzirae	17.45	33.95	20.9	31	10.1
Alnashabi	17.63333	34.1	13.1	17.13	4.03
Mobark sir alkhatim	17.61667	34.06667	11.23	12.5	1.27
Alaaliab Alrhma	17.23333	33.78333	28.9	36	7.1
Altaahil 2	17.58333	33.98333	17.17	18.5	1.33
Bashair 1	17.58333	33.85	15.8	17.71	1.91

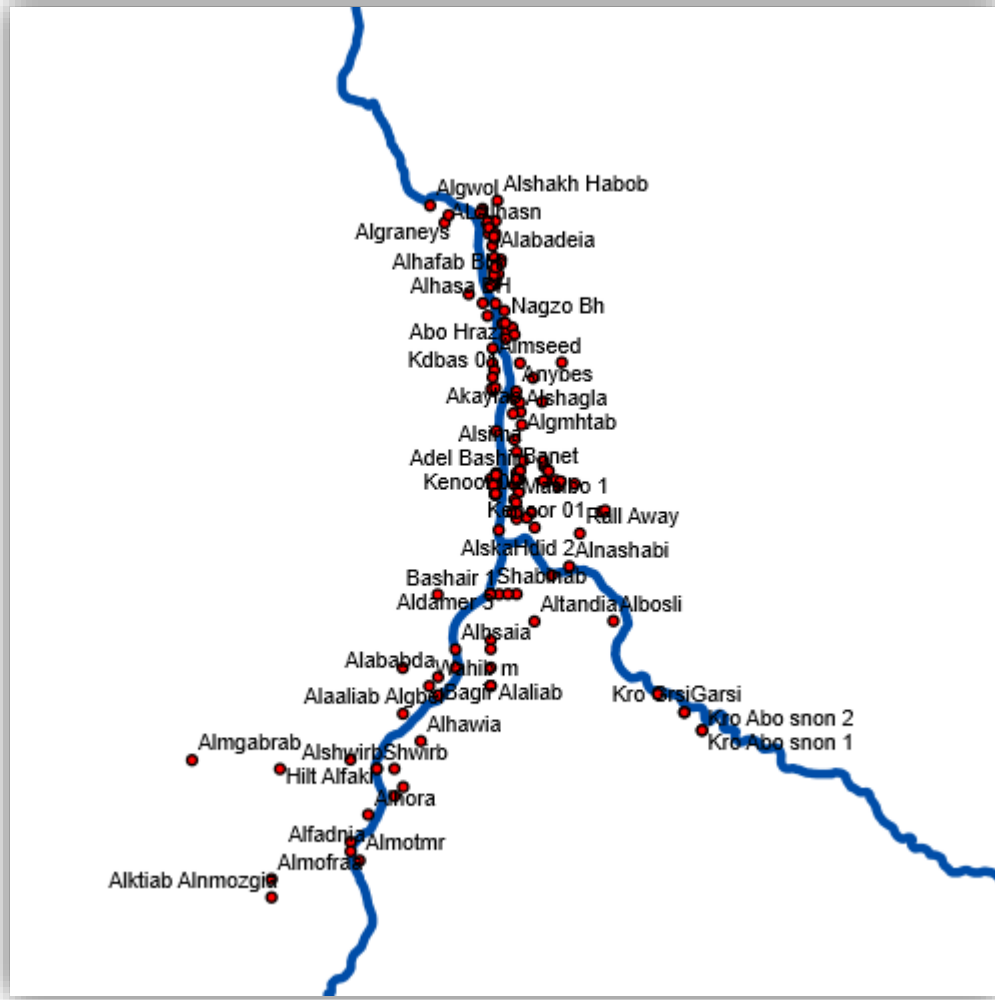
### 3-3 دراسة توزيع المياه الجوفية بمنطقة الدراسة:

#### 1-3-3 رسم الخريطة النقطية:

وجد ان إحداثيات مواقع الابار بانظام الاحداثيات الجغرافي (GCS) وتم تحويلها إلي النظام المتري (UTM) والذي يساهم في حساب الامسافات والحجم ومن ثم تم تحويل البيانات علي شكل خريطة نقطية باستخدام برنامج Arc MAP والشكل (2-3) يوضح ذلك شكل البرنامج



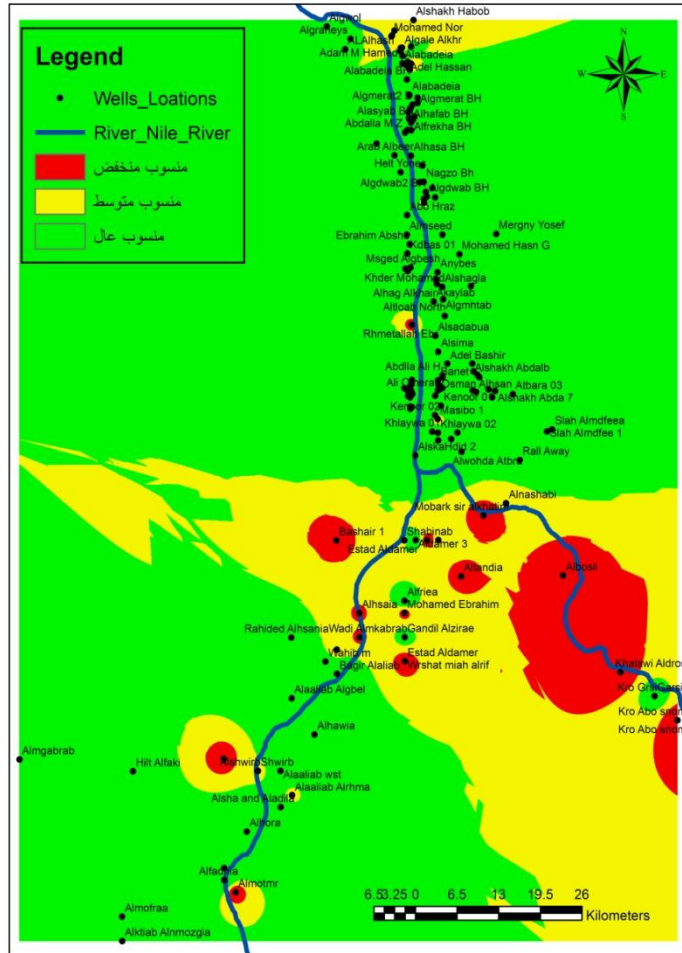
شكل (2-3) يوضح برنامج Arc MAP



الشكل 3-3 يوضح الخريطة النقطية (موقع الآبار)

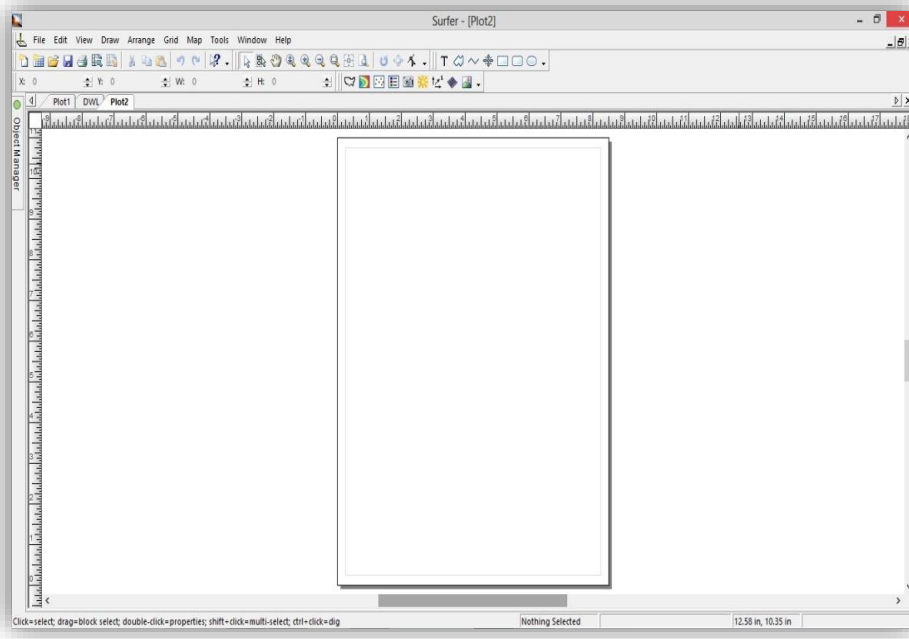
### 2-3-3 رسم الخريطة الرقمية:

تم تحويل الخريطة النقطية بأستخدام تقنية الاستكمال حيث تم اختيار طريقة Kriging وباستخدام برنامج Arc map تم تحويل هذه البيانات الي خريطة رقمية توضح توزيع المياه في منطقة الدراسة كما في الشكل (4-3).



الشكل (3-4) يوضح توزيع المياه داخل منطقة الدراسة

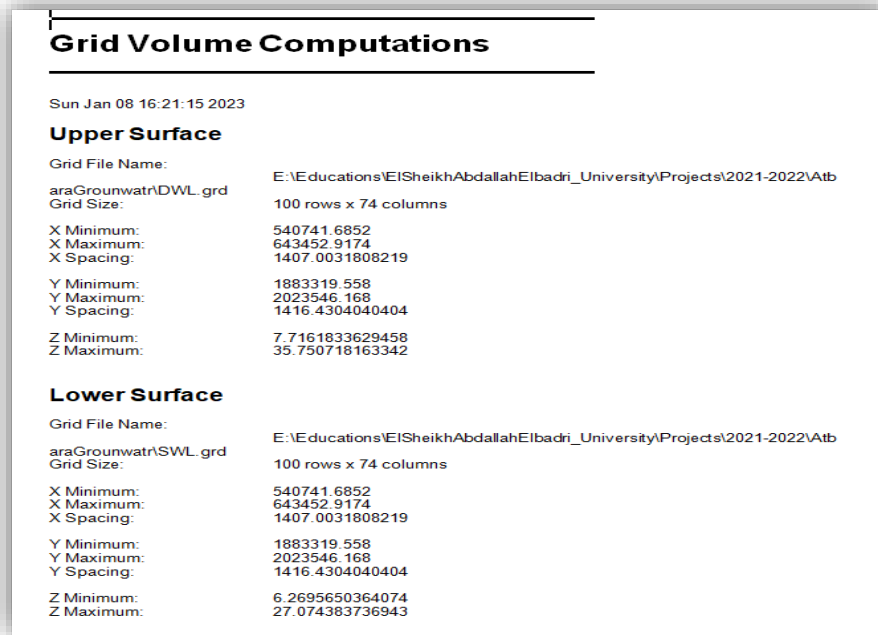
**3-3-3 تحديد حجم الحوض الجوفي:** وتم استخدام برنامج Surfer لتحديد حجم الحوض الجوفي بطريقة شبه المنحرف حيث تم إدراج احداثيات منسوب الماء وسمك المناسيب الثابتة والمتحركة والتي توضح حجم المياه الجوفية في الحوض .



شكل (5-3) يوضح برنامج Surfer

ويتم ادخال البيانات في البرنامج وفق الخطوات التالية:

(1) ادخال بيانات الاحداثيات كشبكة (Grid):



شكل (6-3) يوضح الاحداثيات كشبكة (Grid)

(2) حساب حجم الحوض الجوفي: ويتم ذلك بعدة طرق مثل طريقة شبه المنحرف وطريقة

سمبسون وطريقة سمبسون 3/8.

## Volumes

Z Scale Factor:	1
<b>Total Volumes by:</b>	
Trapezoidal Rule:	114141657636.71
Simpson's Rule:	114138235217.25
Simpson's 3/8 Rule:	114126878438.99
<b>Cut &amp; Fill Volumes</b>	
Positive Volume [Cut]:	114139934386.26
Negative Volume [Fill]:	0
Net Volume [Cut-Fill]:	114139934386.26

## Areas

<b>Planar Areas</b>	
Positive Planar Area [Cut]:	14402847900.329
Negative Planar Area [Fill]:	0
Blanked Planar Area:	0
Total Planar Area:	14402847900.329
<b>Surface Areas</b>	
Positive Surface Area [Cut]:	14402850192.985
Negative Surface Area [Fill]:	0

الشكل (7-3) يوضح حجم الحوض الجوفي بمنطة الدراسة

(3) يقوم البرنامج بعمل تصفية متكررة (Duplicate Filtering) ووجد ان عدد الابار 164 ان هنالك العديد من الابار تقع علي نفس الاحداثيات وقام البرنامج بحذفها وبيبلغ عدد الابار التي تم مسحها 6 ابار واصبح عدد الابار 158 كما في الشكل (8-3).

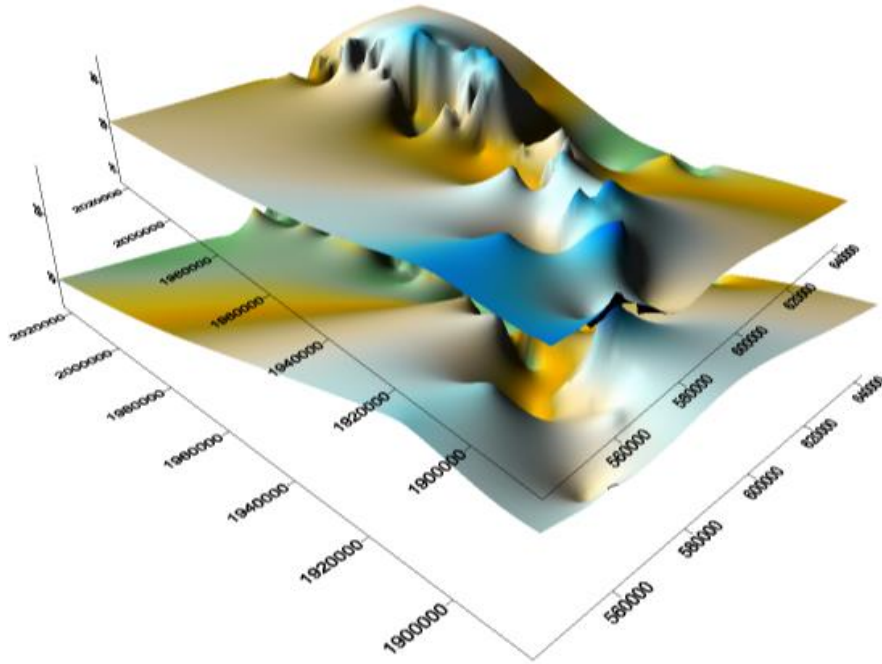
## Duplicate Filtering

Duplicate Points to Keep:	First
X Duplicate Tolerance:	0.012
Y Duplicate Tolerance:	0.016
Deleted Duplicates:	6
Retained Duplicates:	5
Artificial Data:	0

X	Y	Z	ID	Status
577948.9	1909203.9	17.9	150	Retained
577948.9	1909203.9	21.3	155	Deleted
600806.84	1944340.3	7.3	141	Retained
600806.84	1944340.3	7.6	157	Deleted
600806.84	1944340.3	11.5	142	Deleted
600898.78	1925900.5	11.9	125	Retained
600898.78	1925900.5	9.8	136	Deleted
639885.06	1920598.4	8.5	126	Retained
639885.06	1920598.4	7.62	146	Deleted
643452.92	1916933.8	12.4	132	Retained
643452.92	1916933.8	12.2	145	Deleted

الشكل (8-3) يوضح عملية التصفية المتكررة

(4) نقوم بادخال البيانات والمناسيب في البرنامج وتوضع المناسيب الثابتة كطبقة سفلى والمناسيب المتحركة كطبقة علي وعمل شكل ثلاثي الابعاد كما في الشكل (9-3).



الشكل (9-3) يوضح مقطع ثلاثي الابعاد للحوض الجوفي

### 3-4 مناقشة النتائج:

1. تم الحصول على عدد 223 بئر وتم إستبعاد 58 بئر بسبب ان بعضها يحتوي على بيانات ناقصة وبعضها الاخر ليس به احداثيات المنطقة واصبح العدد بعد التنقيح 165 بئر.
2. من خلال الخريطة الرقمية نلاحظ ان المنسوب يتركز علي نهر عطبرة علي بعد 55 كيلومتر جنوب شرقي مدينة عطبرة وان الاعماق كبيرة في هذه المناطق (البوسلي و خلاوي الدروسة وكرو ابوسنون)، وايضا هنالك بعض المناطق الواقعة علي النيل ذات اعماق كبيرة مثل (الحسانية والمكابراب و المطمر)، ونلاحظ ان الحوض الجوفي يمتد علي مساحة كبيرة في منطقة البطانة.
3. تم حساب المساحة السطحية للحوض الجوفي وقد بلغت حوالي 14,4 ألف كيلومتر مربع.
4. تم حساب الحجم للحوض الجوفي وقد وجد أنه حوالي 115 مليار متر مكعب.

## الفصل الرابع

### الخلاصة والتوصيات

#### 1-4 الخلاصة:

تهدف هذه الدراسات الي دراسة المياه الجوفية بمنطقة نهر عطبرة وقد تم جمع عدد 223 بئر و تنقيحها إلى عدد 158 بئر للنقص في المعلومات المطلوبة أو عدم توفر الإحداثيات وتم استخدام برنامج Arc Map لرسم الخرطة الرقمية التي توضح توزيع الحوض الجوفي بمنطقة الدراسة حيث تفاوتت أعماق الحوض الجوفي من 67 متر إلى 182 متر أيضاً تم استخدام برنامج Surfer لحساب حجم وكمية المياه, د وجد انها تساوي حوالي 115 مليار متر مكعب.

#### 2-4 التوصيات:

1. نوصي المؤسسات الحكومية علي ضرورة إنشاء قاعدة بيانات للباحثين والدارسين.
2. توسعة الدراسة بحيث تغطي ولاية نهر النيل كاملة.
3. ضرورة المتابعة الدورية لمراقبة المناسيب للمياه الجوفية ولمياه نهر النيل من خلال شبكة مراقبة يتم اختيارها في المنطقة.
4. تقنين إستخدام المياه الجوفية في الزراعة.
5. متابعة إستخدام النماذج الحاسوبية في إدارة الموارد المائية المتاحة.

## المراجع

1. د/ محمد احمد السيد خليل، المياه الجوفية والابار\_ دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع\_ الطبعة الثانية\_ 2005م.
2. د/ ابراهيم حسن حميدة، د/ ابراهيم محمد حبيب، الهيدرولوجيا والمياه الجوفية\_ مركز جامعة القاهرة\_ الطبعة الاولى\_ 1992م .
3. أ.د/ عصام محمد عبد الماجد احمد، د/عباس عبد الله ابراهيم، الهيدرولوجيا\_ دار جامعة السودان للنشر والطباعة والتوزيع\_ الطبعة الاولى\_ 2002م.
4. المنطقة العربية للتنمية، الموارد المائية في الوطن العربي، دمشق\_ 1990م.