مصادر المياه في البحرين

محمد أحمد حسن عبدالله *

مقـــدمـــة :

اشتهرت البحرين منذ اقدم العصور بوفرة مياهها العذبة التي ساعدت على اعطائها اهمية خاصة كمركز من مراكز الاستقرار البشري في منطقة الخليـــج العـــربي .

وقد اظهرت الدراسات الاركيولوجية انه كان ينظر للبحرين نظرة تقديسية من قبل السومريين في اوائل العهد الدلموني ابتداء من عام ٣٠٠٠ ق.م نتيجـــة لتوفر الميـــاه العذبة بها .. ولهذا السبب بجلوا انه المياه العذبة «اينكي» حسب اساطيرهم . وهذا يشير الى ان البحرين قـــد تمتعت بمركـــز زراعي ديني مرموق في العصور القديمة (١) .

والى سنوات قريبة خلت ، ظلت البحرين تشتهر بثروتها الزراعية التي قامت على ما حباها الله من مياه وفيرة نتيجة لوجود هذه العيون الطبيعية التي امتازت بها . وظلت الزراعة حتى وقت متأخر تلعب دورا هاما في الاقتصـــاد الوطني .. فقد كانت واردات الضريبة على الانتاج الزراعي تمثل ثلث ميزانية البلاد في بداية القرن العشرين .. ولقد تجاوزت مساحة الاراضي الزراعيـــة الـ ١٥٫٠٠٠ ايكر (٢) ، واستحقت البحرين لكثرة مزارعها ووفرة مياههـــا ان تسمى « **حديقة الخليج** » (٣) .

ويمكن ان نستدل على اهمية البحرين كمركز استقرار بشري اذا علمنا

---

* امين مختبر قسم الجغرافيا بجامعة الكويت . من ابناء البحرين الشقيق ـ حصل على درجـــة الليسانس من كلية الاداب قسم الجغرافية بجامعة الكويت سنة ١٩٧٣ بتقدير جيد جدا مع مرتبة الشرف . طالب ماجستير بجامعة الرياض .

ان عدد السكان فيها قدر بـ ٣٠٠ الف نسمة حوالي عام ١٩١٢ * (٤) . وهذا يدل على مدى ما كانت تتمتع به البحرين من ثقل بشري في منطقة الخليج، حيث استقطبت هجرات سكان البلاد المجاورة وعلى الاخص عرب فارس سكان الساحل الشرقي للخليج العربي .

اما عن شهرتها الزراعية فيكفي انه كان في البحرين حوالي ٨٠٠ نوع من التمر . وكان يضرب بها المثل في كثرة الرطب فيقال (كناقل التمر الى اوال) ، كما كان يزرع بها الكثير من الفواكه والخضر والتي ما زال بعضها يزرع في الوقت الحاضر . واعتمدت هذه الزراعة على الينابيع العذبة والآبار الارتوازية التي اشتهرت بها البحرين . وقد افاض الكثير من الرحالة والمؤرخين في الحديث عنها (٥) .

البناء الجيولوجي لجزيرة البحرين :

ان الظروف الطبيعية السائدة في البحرين كان لها ابلغ الاثر في اعتماد السكان على المياه الجوفية ، نتيجة لعدم وجود مجرى مائي طبيعي ، اضافة الى اثر العامل المناخي المتركز في شدة الحرارة خلال معظم ايام السنة وقلة كمية المطر السنوية (٦) .

ونظرا لارتباط العامل الجيولوجي بالمياه الجوفية فقد كان من الضروري ان نعرض لهذا العامل بشيء من الدراسة ، قبل الدخول في تفصيل موضوع المياه الجوفية .

تمثل جزيرة البحرين في بنيتها الجيولوجية قبة سنامية متطاولة تمتد في اتجاه شمالي ـ جنوبي مع انحدار اكبر تجاه جانبيها الشرقي والغربي . وقد تعرضت التكوينات الضعيفة على جوانب القبة الى عمليات النحت التى حولتها الى سهل منبسط تنتظمه بعض الصخور الجيرية البارزة .

والتكوينات الجيرية الايوسينية هي امتداد لنفس تكوينات الدمام في المنطقة الشرقية من شبه الجزيرة العربية . وتبرز هذه الطبقات فوق سطح الارض في صحراء الصمان والدهناء . وقد ادى احتواء الصخور الجيرية

---

* وهذا الرقم مبالغ فيه ، اذ قدر عدد سكان البحرين في مطلع هذا القرن ، على اساس تقارير عدد المنازل ، فوجد نحو ٢٤ الف نسمة « لر يمر . **دليل الخليج (القسم الجغرافي)** » الجزء الاول . الطبعة الاولى ، مترجم . ص ٣٣٥ ـ ٣٣٦ وبلغ عدد السكان في اول تعداد سكان سنة ١٩٤١ ـ ٨٩٫٩٧٠ نسمة ـ اما اخر تعداد فكان سنة ١٩٧١ ، فبلغ عدد السكان بموجبه ٢١٦٫٠٧٨ نسمة

المتبلوره البنية على صخور الصوان غير النقى Cherts في بعض المواضع الى زيادة قدرة مقاومة هذه الصخور ضد عمليات النحت ، ويتمثل ذلك في التكوينات الصخرية المحيطة بوسط الجزيرة اضافة لتكوينات جبل دخان . وقد ادت ازالة عمليات النحت لتكوينات الحجر الجيري المتبلور الى انكشاف الطبقة الطباشيرية في سلسلة التكوينات الجيرية التي تمثل معظم الظاهرت الطبوغرافية في جزيرة البحرين (٧) . كما ادت عملية الميل الاقليمي التي حدثت للرف العربي الى انهاء فترة الترسيب لمفتتات الصخور الجيرية على القبة في عصر الايوسين ، ثم توالت عمليات النحت خلال عصر الاوليجوسيين وبداية الميوسين دون ان تتم عمليات ارساب لهذه المواد المنحوتة ، وتبع ذلك طغيان البحر على المفتتات، مع ترسيب التكوينات الجيرية الرملية على التكوينات الايوسينية ، وأرسبت طبقات متتابعة من الحجر الجيري والطفل خلال نهاية الميوسين على القبة السنامية .

أما عملية الرفع الرئيسة التي ادت الى البناء الحالي للايوسين فقد حصلت نتيجة لما حدث في نهاية الميوسين من تطور سطحي لعبت فيه عملية التعرية دورا كبيرا في القسم الاكبر من الجزيرة . وقد تكون سطح الارض الحالي نتيجة عمليات النحت والارساب التي تمت خلال عصور الايوسين والميوسين ، ومعظم نشاط عمليات النحت حدث على جوانب القبة قريبا من قمتها ، حيث كانت قوة وسرعة الجريان المائي تصل الى اقصاها ، وهذا ادى الى ظهور منطقة الحوض الاوسط بالجزيرة ، محاطة بنطاق صخري ، وبروز يتمثل في جبل دخان ، وهو يمثل بقايا غطاء التكوينات الجيرية التي كانت تغطي المنطقة .

ومما يلفت النظر انه خلال العصور الجيولوجية كانت هناك بحيرة ضحلة تشغل القسم الاوسط من جزيرة البحرين . وكان مستوى الماء في هذه البحيرة يصل الى حوالي ٦٠ قدما تقريبا اعلى من المستوى الحالي لسطح البحر ، ويظهر هذا جليا من المصاطب الساحلية في الطرف الجنوبي للجزيرة ، وبقايا هذه المصاطب عند الفجوة الغربية للصخير التي انصرفت منها المياه الى البحر (٨) .

التكوين الجيولوجي للطبقات :

تمثل الصخور الجيرية الايوسينية الطبقات الرئيسة ، وهناك عدم توافق في الرواسب الصخرية بين نهاية عصر الميوسين وبداية الايوسين ، ولهذا لا نجد

اثرا لرواسب الاوليجوسين وفيما يلي التركيب الجيولوجي للطبقات من الاحدث الى الاقدم (٩) :

الحديث Recent :

ويتمثل في رواسب الرمال والاصداف والقواقع التي تجلبها مياه البحر الى الشواطيء .

الميوسين Mioeene

ومعظم تكوينات الميوسين في البحرين من الطين السطحي مع تكوينات اقل سمكا من الحجر الجيري الرملي ، ويكثر وجود الاصداف والقواقع البحرية . ويحتوي الجزء الاسفل من هذا العصر على طبقة من الطفل الاخضر يصل سمكها الى ٦٠ قدما تقريبا . تليها صخور صلبة من الحجر الجيري الرملي التي تمثل محليا الاساس القاعدي الذي ترتكز عليه تكوينات الميوسين نتيجة لوقوعها على رواسب الايوسين .

الايوسين Eiocene

وينقسم الى خمس طبقات متتالية :

ـ **طبقة الحجر الجيري الابيض** White Limestone

تمثل طبقة التكوينات الجيرية العليا للايوسين ، ويتراوح سمكها من صفر الى ١٥٠ قدما ، وهي عبارة عن احجار جيرية ذات مسامية عالية ، واحيانا تكون بلورية تختلط معها صخور الدولوميت Dolomite ونظرا لمسامية هذه الصخور فانها تعتبر مستودعا للمياه ويطلق عليها الطبقة « ١ » الحاملة للمياه وتوجد هذه الطبقة مكشوفة على السطح في بعض مناطق البحرين مثل الخميس والشاخورة وشرقي منطقة الجنبية والهملة .

ـ **طبقة المارل البرتقالي** Orange Marl

تلي طبقة الحجر الجيري الابيض وتتداخل معها ، وتكون طبقة غير منفذة ، وحدا فاصلا بين الطبقة السابقة وطبقة الحجر الجيري المتبلور البني التي تليها ، وتحتوي هذه الطبقة احيانا على بعض صخور الدولوميت البني ، ويصل سمكها ما بين ٣٠ الى ٥٠ قدما وتوجد مكشوفة في بعض مناطق البحرين مثل منطقة عالي وبوري وسلماباد .

ـ **طبقة الحجر الجيري المتبلور البني** Brown Crystalline Limestone

تحتوي هذه الطبقة على صخور من الدولوميت المتبلور والحجر الجيري ، وهي صخور صلبة وذات مسامية كبيرة ، والجزء السفلي من هذه الطبقة يحتوي على صخور من الصوان غير النقي Cherts ، والتي لم تستطع عوامل

التعرية أن تزيلها . ويتراوح سمك هذه الطبقة ما بين ١٠٠ الى ١٥٠ قدما ، ونظرا لوجود المساحات الكبيرة في هذه الطبقة فانها تعتبر مستودعا كبيرا للمياه ، وتمثل الطبقة «ب» الحاملة للمياه ، وهي توجد مكشوفة في الجزء الاوسط من جزيرة البحرين على شكل حافة صخرية . ومعظم صخور جبل الدخان من هذه الطبقـــة .

ـــ طبقة الطفل المحتوية على بقايا اسنان قرش البحر Sharks Tooth Shale

تعتبر هذه الطبقة الحد الفاصل بين الطبقة السابقة والطبقة الطباشيرية التي تليها ، وهي على شكل تكوينات متراصة من الطين الاصفر والبني ومـــن صخور الحجر الجيري المتبلور ويتراوح سمك هذه الطبقة بين ٣٠ الى ٦٠ قدما. وتوجد مكشوفة في الجزء الاوسط من جزيرة البحرين جنوب منطقة الرفاع .

ـــ الطبقـــة الطباشيرية Chalky Zone

وتحتوي على صخور الحجر الجيري الابيض التي تشبه الطباشير . كما تحتوي على صخور من الدولوميت والجبس Gypsum والانهيدريت .

الايوسين الاسفـــل Lower Eiocene

وتحتوي على طبقات من الصخور الجيرية المبلورة ، وهي ذات مسامية كبيرة جدا ، وتعتبر الطبقة « ج » الحاملة للمياه ، ولكن ملوحة مياه هذه الطبقة عالية جدا نظرا لاحتواء صخورها على كميات كبيرة من الاملاح ، حيث تصـــل درجة الملوحة الى حوالي ٣٠ الف جزء لكل مليون ، كمـــا انها تحتـــوي على غاز كبريتيد الهيدروجين الذي تصل نسبته الى ٣٥ جزءا في المليون .

مصدر الميـــاه الجوفية في البحرين :

يبلغ المعدل السنوي للتساقط في البحرين حوالي ١٠٠ ملم ، ولهذا فـــان الامطار المحلية لا تشكل مصدرا هاما للمياه ، ومعظم مصادر المياه جوفية تأتي عبر ثلاثة تكوينات من عصر الايوسين من شبه الجزيرة العربية ، عبر ضغوط هيدروستاتيكية مختلفة . ولكن بعض ما يسقط من الامطار والتي تتسرب مياهها في الطبقات ، تعطي الفرصة لوجود نوعية جيدة من المياه ـــ رغم ضآلتها ـــ كما هو الحال في وسط جزيرة البحرين ، وفي الحافة الساحلية لتكوينات الميوسين . ونتيجة لذلك فبعض المناطق تبلغ درجة ملوحة مياهها اقل من ١٥٠٠ جزء في المليون ، علما بأن المياه المحصورة في الطبقات تتراوح درجة ملوحتها ما بـــين ٣٠٠٠ الى ٨٠٠٠ جزء في المليون .

وهناك بعض الينابيع المحلية الصغيرة جدا في بعض التكوينات ، تكونت

نتيجة التساقط المحلي رغم ضآلة الكمية ، ولقلتها فانها تضيع باختلاطها مع المياه الجوفية الاعمق او مع مياه البحر (١٠) .

ومصدر المياه الجوفية في البحرين — في الغالب — الامطار القديمة التي كانت تسقط على شبه الجزيرة العربية في الفترات المطيرة خلال العصور الجيولوجية القديمة . وقد تسربت مياه تلك الامطار في التكوينات الجيرية الايوسينية ، وكان تسربها من المنطقة التي تظهر فيها الطبقات مكشوفة في صحراء الصمان والدهناء في شبه الجزيرة العربية (١١) Catchment Area حيث تتسرب هذه الامطار من خلال التربة بحيث تغور المياه في باطن الارض بسبب قابلية الصخور المسامية ، وتمتد هذه الطبقات تحت سطح الارض حتى البحرين ، ثم تعود ترتفع ثانية على سطح الارض في وسط جزيرة البحرين ، لتمتد مكشوفة في البحر في الجهة الشرقية من البحرين الى حدود قطر .

ومما تجدر ملاحظته ان طبقة التكوينات الجيرية الايوسينية الحاملة للمياه تمتد تحت سطح الارض في شكل حوضي . اي انها ليست افقية وانما تميل بحيث تكون منطقة حوضية وسطها منخفض عن اطرافها ، وقد ساعد هذا الميل على تجميع المياه في الاجزاء المنخفضة من هذه الطبقات (١٢) . وتمتد بين هذه التكوينات طبقات من تكوينات صماء لا تسمح للمياه المختزنة في التكوينات الجيرية بالنفاذ عبرها ، مما جعل من هذه التكوينات الجيرية مخزنا يحتفظ بالمياه الجوفية التي تحتويها .

استخراج المياه الجوفية :

ظلت اساليب استخراج المياه الجوفية تعتمد في الدرجة الاولى على نقاط الاستخراج الطبيعية المتمثلة بالينابيع البرية (عيون) ، والينابيع البحرية (جواجب) (١٣) ، والابار السطحية المحفورة باليد Hand dug wells حتى عشرينات هذا القرن ، حينما بدأت عملية حفر الابار الارتوازية .

وقد ظل سكان مدينة المنامة والقرى المجاورة لها يعتمدون على الينابيع الطبيعية والابار السطحية في تزويدهم بما يحتاجونه من مياه لاستخداماتهم المتعددة . اما مدينة المحرق فقد كان الاهالي يتزودون بالمياه من العيون الطبيعية البحرية المنتشرة حول الجزيرة ، وبخاصة من عين بوماهر (ينبوع بحري) جنوبي المحرق . وكذلك كانت الحال في مدينة الحد ، حيث كان الاهالي يتزودون من عيون أم السوالي (بحرية) والزمة (برية) .

ومع بداية عام ١٩٢٥ بدأت الحكومة تفكر في عملية حفر الابار الارتوازية، وهو ما قام به الميجور فرانك هولمز بواسطة شركته المسماه
The Eastern and general Syndicate Ltd.

ومنذ ذلك الوقت انتشرت الابار الارتوازيه وابار الضخ في جميع مناطق البحرين . وسنعرض بشيء من التفصيل لاساليب استخراج المياه الجوفية .

١ ــ الينابيع الطبيعية البرية Land Springs

أجري اول مسح للينابيع الطبيعية عام ١٩٥٣ بواسطة شركة نفط البحرين ، وقدر عددها بحوالي ١٥٣ عينا ، وكانت العيون التي تتدفق منها المياه بكميات كبيرة عام ١٩٥٣ حوالي ٤٧ عينا ، وقدر تصريفها بحوالي ٧١٤ر٠٠٠ برميل / يوميا (١٤) . وبقية العيون كمية مياهها ضئلية تستعمل في أغراض محدودة ، والبعض الاخر لا يستعمل بتاتا .

ويوضح الجدول رقم (١) أهم هذه العيون وكمية التصريف اليومي حسب التقرير الخاص بمسح الينابيع البرية لسنة ١٩٥٣ .

وقد جفت معظم هذه العيون عدا القليل منها كعذارى وقصارى ، وبعض هذه العيون ازدادت درجة ملوحة مياهها الى درجة كبيرة ، وقد كانت لهذه شهرة كبيرة في البحرين ، فعليها كان اعتماد الناس فيما يحتاجونه من مياه قبل حفر الابار الارتوزية ، وقد احتفظت بعض هذه العيون بشهرتها كعين عذارى حتى الوقت الحاضر .

جدول رقم (١)

العين	كمية التصريف برميل/يوميا
عذاري	١٤٥ر٠٠٠
قصارى	١٦ر٠٠٠
سيد	٨١ر٠٠٠
المهزة والرحمة	٧٠ر٠٠٠
كبير	٦٠ر٠٠٠
الحكيم	٥٥ر٠٠٠
عالي الصغير وعالي الكبير	٤٠ر٠٠٠
ابو زيدان	٣٧ر٠٠٠
الجمل	١٩ر٠٠٠
حفرا	١٨ر٠٠٠
المنتبع الكبير	١٥ر٠٠٠
جوهب	١٥ر٠٠٠

المصدر : BAPCO. Report on Land Springs. File No. 763-1.

٢ــ الينابيع الطبيعية البحرية Submarine Springs

وهي من الظاهرات الهامة المرتبطة بالمياه الجوفية في البحرين ، حيث توجد في قاع الخليج على مقربة من سواحل البحرين مناطق تنبثق فيها المياه العذبة وسط مياه البحر المالحة . ويرجع اندفاع المياه العذبة الى اعلى عن مصدرها الباطني في الطبقات الجوفية الحاملة لها تحت ماء البحر الى وجود شقوق وفوالق طبيعية في الطبقات تنبثق عبرها المياه وتعلو حتى تصل الى مستوى الماء الباطني المختزن في الطبقات ،ويطلق على العيون البحرية تسمية (الجواجب).

وقد ظلت هذه الينابيع لفترة طويلة موردا هاما لما يحتاجه السكان من مياه وبخاصة في جزيرة المحرق ، وقد اشتهرت البحرين بهذه الينابيع البحرية منذ القديم ، فورد ذكرها في كتب المؤرخين والرحالة العرب كالادريسي في كتابه (نزهة المشتاق في اختراق الافاق) ، وبعض الرحالة الاوروبيين . ولا يزال الغواصون في منطقة الخليج العربي يعرفونها الى يومنا هذا ،اذ كانوا يتزودون منها بالمياه اثناء رحلات الغوص . وجرت محاولات عديدة للاستفادة من مياه هذه الينابيع عن طريق ايصالها عبر انابيب بالبر ، الا انه حالت صعوبات كثيرة دون ذلك (١٥) ، وقد قدر عدد هذه الينابيع البحرية حسب المسح الذي تم اجراؤه عام ١٩٥٣ بـ ٢٠ عينا بحرية ، يقع معظمها شرقي الساحل الشمالي الشرقي للبحرين ، وقد قدر تصريف هذه العيون في نفس العام حوالي ١٦٥ الف برميل يوميا . ويوضح الجدول رقم (٢) اهم هذه العيون البحرية وكمية التصريف لسنة ١٩٥٣ وسنة ١٩٧٠ .

جدول رقم (٢)

العين البحرية	برميل / يوميا	
	١٩٥٣	١٩٧٠
	٤٠٠٠	١١٦٠
	١٦٠٠٠	٦٦٤
	٦٠٠٠	١٧٤

المصدر : BAPCO. Report on Submarine Springs. File No. 763-2.
تقرير مكتب مصادر المياه عن العيون البحرية سنة ١٩٧٠ .

ويتضح من الجدول مدى الفرق بين كمية تصريف هذه العيـــون سنة ١٩٥٣ وتصريفها سنة ١٩٧٠ ، اذ تضاءلت كمية التصريف لهذه العيون سنة ١٩٧٠ الى ٩ر٢٪ بالنسبة للتصريف سنة ١٩٥٣ ، وهذا يوضح مدى الفاقد الكبير من هذه الينابيع ، وانخفاض كمية التصريف تبعا لانخفاض مستوى المياه.

٣ــ الابار الارتوازية Artesian Wells

بدات قصة حفر الابار الارتوازية في البحرين منذ عام ١٩٢٤ حيث حفرت أول بئر ، وتلت ذلك عملية حفر الابار في مناطق المنامة والمحرق ، واصبـح اسلوب حفر الابار اعم في الثلاثينات . وقد حفر ما مجموعه ١٦٥ بئرا قبل حلول عام ١٩٤٢ .. وكان هناك حتى النصف الاول من الخمسينات ازدياد بطيء جدا في عدد الابار المحفورة ، ومع حلول عام ١٩٥٦ كان هناك ما يقارب الـ ٣٢٥ بئرا، وارتفع معدل حفر الابار بعد ذلك . فمع حلول عام ١٩٧٠ كان هناك ما يزيد على ٩٠٠ بئر . ومعظم الابار محفورة الى الطبقتين «أ» و «ب» وتمثل «ب» طبقـــة الحفر الرئيسة للتزود بالمياه ، وقد كانت معظم الابار في البحرين ارتوازية تضيع مياهها نتيجة عدم التحكم فيها ، ومع انخفاض الضغط الاستاتيكي استخدمـــت المضخات لرفع المياه ، ويبلغ معدل انخفاض المياه حوالي ١٠٠ ملم سنويا .

وترتب على سوء عملية تغليف الابار الارتوازية وآبار الضخ حـــدوث مشاكل كثيرة اهمها تسرب المياه من الطبقتين «أ» و «ج» الى الطبقة «ب» وفقدان الكثير من مياه الابار بتسربها . (١٦)

ومن بين الـ ٩٠٠ بئر المحفورة في الطبقات الحاملة للمياه والمستخدمة بشكـل رئيسي ، والتي يتوفر عنها معلومات كافية ، وجد ان ٥ر٦٪ منها تم حفرهـــا في الطبقة «أ» و ٦٥٪ في الطبقة «ب» و ٥ر٢٨٪ في الطبقة «ج» (١٧) .

الطبقات الحاملة للمياه :

توجد المياه الجوفية في طبقات صخرية ثلاث ، اصطلح على تسميتهـــا بالطبقات (أ ، ب ، ج) وترتبط الطبقة (أ) بالحجر الجيري الابيض من الايوسين الاوسط والادنى ، وتظهر هذه الطبقة مكشوفة او مغشاة بغطاء من التكوينـــات الاحدث في الاجزاء الشمالية من جزيرة البحرين خارج الحوض الاوسط ، ومياه هذه الطبقة عذبة قريبة من السطح وهي مستغلة استغلالا واسعا في الزراعة وغيرها من الاغراض .

اما الطبقة (ب) فتوجد في طبقة الحجر الجيري الدولوميتي البني ، العائد لتكوين الخبر من الايوسين الاوسط والادنى ، وتظهر مياهها بشكل ارتوازي في الغالب ، وهي اغزر كمية من مياه الطبقة «أ» ، وتستثمر بشكل اكبر من مياه الطبقة «أ» . ويرجع هذا الى سعة المساحات التي تنكشف فيها هذه الطبقة والتي

تختفي تحت طبقة العلاة ، ومن ثم فان الوصول الى مياهها يتطلب حفر ابـــار تتعمق في المتوسط الى عشرة امتار ، وهي مياه عذبة يمكن الافادة منها فـــــي الاغراض البشرية والاقتصادية المختلفة ، وتكون الطبقة «ب» المصدر الرئيسي للمياه الجوفية في البحرين . (١٨)

اما الطبقة «ج» فنجد ان مياهها غير صالحة الا لبعض اغراض الصناعة في معمل تكرير النفط ، وفي اعمال السبر والحفر ، وذلك بسبب ارتفاع نسبـــــة الملوحة التي يقدرها تقرير د. رايت بـ ١٢٫٠٠٠ جزء في المليون ، وهي من كلوريد الصوديوم وبعض العناصر الكبريتية،ويرجع عمر الطبقة (ج) الى الايوسين الادنى، وصخورها من الحجر الجيري الكلي يظهر فيها الانهيدريت والجص ، وكلاهما مما يؤثر في رفع نسبة الملوحة ، وبخاصة من العناصر الكبريتية ، ومما يميز الطبقـــة «ج» انها تتغذى بمياه الامطار الساقطة على سطح صخورها المكشوفة ،وتغطي معظم اراضي الحوض الداخلي ، ولهذا فهي تظهر على السطح في المنخفضات والاحواض المغلقة داخل الحوض الداخلي على شكل بحيرات ضحلة مياهها ملحة تتبخر في فصل الصيف مخلفة وراءها قشرة ملحية رملية . (١٩)

من هذا يتبين ان مياه البحرين الجوفية مرتبطة بطبقات الايوسين الاوسط والادنى العائدة الى تكوين الدمام وام الروس وان اعتماد البحرين على الطبقتين (أ) و (ب) بشكل اساسي في حين ان الافادة من الطبقة «ج» محدودة لارتفاع نسبة الاملاح فيها .

نوعية المياه الجوفيـــة :

تختلف درجة ملوحة المياه الجوفية في البحرين من طبقة لاخرى ومن منطقـــة لاخرى ، وتشير التقارير الخاصة بملوحة المياه الى تزايد الملوحة من الشمال الغربي الى الجنوب الشرقي ، وتتراوح نسبة الملوحة بين اقل من ١٥٠٠ جزء في المليون الى اكثر من ٣٠٠٠ جزء في المليون ولكن الملوحة تزداد في اتجاه الجنوب بشكل واضح حتى تصل الى ١٥٠٠٠ في راس البر ، والى ما يتراوح بين ٥٤٫٠٠٠ و ٦٣٫٠٠٠ جزء في المليون في جزيرة حوار ، بل لقد بلغت درجة ملوحة بعض الابار في الطبقة (أ) بمنطقة البستين بالمحرق ١٤٠٫٠٠٠ جزء في المليون ، وهذا يعادل ٣ مرات درجة ملوحة مياه الخليج العربي . (٢٠)

ويوضح جدول رقم (٣) درجة ملوحة مياه بعض مناطق البحرين بين سنتي ١٩٥٤ و ١٩٧٠ .

جدول رقم (٣)

المنطقة		جزء في المليون	
		يناير ١٩٥٤	يناير ١٩٧٠
عين الرحمة	ينابيع	١٫٨٤٠	٧٫٨٦٠
عين المهزة		١٫٧٩٠	١٠٫٠٦٠
عين عذارى		١٫٨٧٠	٢٫٢٩٠
الزلاق		١٫٧٨٠	١٫٩٠٠
الوسيعة		٢٫١٠٠	٢٫٣٦٠
البديع		١٫٣٦٠	١٫٧٠٩
المحرق		١٫٨١٠	١٫٧٢٠
المنامة		٢٫٢١٠	٢٫٤٠٩

المصدر : تقرير مكتب مصادر الميـــاه الخاص بالمسح الربعي لابار البحرين سنة ١٩٧٠ .

ولا تقتصر مشكلة الملوحة على كونها عالية في جهة ومنخفضة في اخـــرى فحسب ، بل وعلى تزايدها مع الزمن من سنة لاخرى ، وتشير التقارير الى ان ملوحة المياه لم تتغير تغيرا ملحوظا فيما قبل الستينات ، ولكنها تزايدت بشكـــل واضح في السنوات التالية وبخاصة في اواخر الستينات وفي السبعينات لدرجة يتوقع معها اصحاب الاختصاص ان تصبح مياه البحرين العذبة بعدما يتراوح بين ٢٥٫٣٠ سنة اي في نهاية هذا القرن واوائل القرن التالي مياها مالحة لا تصلح للشرب والزراعة والاغراض المنزليـــة ، ممـــا يهـــدد كيان البـــلاد البشري والاقتصادي . (٢١)

ويرجع السبب في ذلك لعامل يشكل في حد ذاته مشكلة خطيرة ، الا وهـــو عامل ضغط المياه الجوفية العذبة ، تجاه ضغط المياه المالحة الجوفية والبحرية المؤثرة فيها ، نتيجة تناقص المياه العذبة المخزونة في الطبقات الحاملة من جراء النضح والاستعمال المتزايدين لها ، عن طريق الابار التي ارتفع عددها الى اكثر من ٩٠٠ بئر سنة ١٩٧٠ بسبب ازدياد عدد السكان وازدياد حاجتهم من الماء ، يضاف الى ذلك الوعي الصحي المتزايد بينهم مما يرفع كمية المياه المستهلكة للفرد الواحد .

وتشير بعض التقارير الى ان مستوى المياه الجوفية سوف يصل الـــى

مستوى سطح البحر سنة ٢٠٠٠ ، وتتلخص المشكلة القائمة في تناقص كميات المياه العذبة وتدهور نوعيتها مقابل ازدياد عدد السكان وتطور الصناعة والنواحي الاقتصادية الاخرى ، مما يخلق استهلاكا متزايدا من المياه .

وقد اثر تطور استهلاك المياه الجوفية في الاقليم الشرقي للمملكة العربية السعودية في الاحساء والقطيف ، وتزايد المشروعات الزراعية الكبيرة وبعض الصناعات على مياه البحرين الجوفية ، نتيجة لان الطبقات الحاملة للمياه متصلة مع مثيلاتها في الاجزاء الشرقية من العربية السعودية ، خاصة وان الدراسات المختلفة تؤكد على أن معظم ، ان لم نقل جميع ، مياه البحرين تأتي من المرتفعات والاراضي الشرقية للعربية السعودية ، ذلك لان مياه الامطار الساقطة سنويا في البحرين تقدر بـ ١٦٠٠ لتر في الثانية ، باعتبار ان مساحة جزيرة البحرين ٥٢٠ كم مربع ، وكمية الامطار السنوية المتوسطة بحدود ١٠٠ ملم ، مع افتراض ترشح جميع مياه الامطار ضمن شقوق ومساحات الصخور المختلفة ، علما بأن قسما هاما من مياه الامطار الهاطلة يسيل الى البحر عن طريق الاودية ، كما ان قسما اخر يتبخر ويعود الى الغلاف الجوى . (٢٢)

استخدامات المياه :

تتوفر المياه الجوفية في الوقت الحاضر بشكل يغطي جميع اوجه الاستهلاك، ويبلغ مجموع الاستهلاك السنوي نحو ١٨٢ مليون متر مكعب (حسب تقدير سنة ١٩٧٤) أي ٤٨ مليار غالون وتتوزع هذه الكمية على النحو التالي المبين في جدول رقم (٤) :

جدول رقم (٤)

وجه الاستهلاك	مليون متر مكعب	غالون	٪
استخدامات العامة	٢٢	٥٨٠٩٦٦٠٠٠	١٢٫٠٩
صناعات	١٦	٤٢٢٦٧٢٠٠٠	٨٫٧٩
زراعة	١٨٢	٣٧٨٩٥١٠٠٠٠	٧٩٫١٢
المجموع	١٤٤	٤٨٠٩٨٤٠٠٠٠	١٠٠

لصـــدر :

Source: David Bundon and Abdul B. Khatib Water Resources ar agriculture uses in Bahrain. p.s.

ويمكن تلخيص اوجه استخدامات المياه فيما يلي :

أ ـ الاستخدامات العامة

وتبلغ ٢٢ مليون متر مكعب أي ١٢٪ من جملة الاستهلاك الكلي ، وتتزايد

هذه النسبة سنويا مع تزايد السكان وزيادة حاجتهم من الماء ، ويقدر المستوى الحالي لاستهلاك الفرد بحوالي ٨٩ غالون يوميا (٤٠٤ لتر/ يوميا) تزيد الى ٣ر١٠١ غالون يوميا (٤٥٩ لتر / يوميا) خلال ذروة شهور الصيف ٠ (٢٣)

ويبين جدول رقم (٥) تطور كمية استهلاك المياه في الاستخدامات العامة من سنة ١٩٦٨ الى سنة ١٩٧٤ .

ومن استقراء الجدول يتضح ان معدل الزيادة السنوية تبلغ ٦٪ ، حيث زادت كمية الاستهلاك من (٨٨١ر٩٤٧ر٣ الف غالون) سنة ١٩٦٨ الى (٦٣٩ر٠٧١ر٤ الف غالون) سنة ١٩٧١ لتصل الى (٢٦٩ر٨٧٩ر٥ الف غالون) سنة ١٩٧٤ .

جدول رقم (٥)

السنوات	الف غالون
١٩٦٨	٣ر٩٤٧ر٨٨١
١٩٦٩	٤ر٢٤٣ر٧٥١
١٩٧٠	٤ر٦٠٤ر٩٥٥
١٩٧١	٤ر٧١٠ر٦٣٩
١٩٧٢	٥ر٠٧٠ر٩٦٠
١٩٧٣	٥ر٤٦٧ر٣٦٣
١٩٧٤	٥ر٨٧٩ر٢٦٩

المصدر : احصائيات دائرة المياه الشهرية واعداد المجموعة الاحصائية السنوية المختلفة .

اما بالنسبة للتوزيع الجغرافي لمياه الاستخدامات العامة في مناطق البحرين سنة ١٩٧٤ فتتوزع على النحو التالي المبين في جدول رقم (٦) ٠

جدول رقم (٦)

المنطقة	الف غالون	النسبة المئوية
المنامة	٢ر٦٧٦ر٨٤٨	٥ر٤٥
المحرق	٨٥٢ر٥٠٣	١٤ر٥
الرفاع	٥٩٤ر٠٠٠	١٠ر١
مدينة عيسى	٥٨٨ر٤٥٩	١٠
جد حفص سنابس	٢٧٢ر٠٠٤	٤ر٦
مدينة	١٦٦ر٩٧٥	٣ر٩
الخميس	٢٢٩ر٢٢٠	٢ر٩
العدد	١٣٠ر٤٣٩	٢ر٢
بقية القرى	٣٦٥ر٨٢١	٦ر٢
المجموع	٥ر٨٧٩ر٣٦٩	١٠٠

المصدر : احصائيات دائرة المياه الشهرية

ويتضح من الجدول السابق زيادة استهلاك المياه في المنامة عن بقية المناطق ، وهو امر طبيعي نتيجة لكونها العاصمة من جهة،ونتيجة للتركز السكاني الكثيف فيها من جهة اخرى ، اذ بلغ عدد سكان المنامة حسب احصاء سنة ١٩٧١ (٦٢٫٢٦٦ نسمة)، وتبلغ حصة المنامة من استهلاك المياه ٤٥٫٥ ٪ من جملة الاستهلاك ، تليها مدينة المحرق التي تبلغ نسبتها ١٤٫٥ ٪ .

وتأتي مياه الاستخدامات العامة (الشرب ــ الاستخدامات المنزلية) من الطبقة الحاملة للمياه «ب» ، وتتجمع المياه في خزانات عالية بعد تجميع المياه من الابار ثم تتوزع عبر نظام الانابيب الى المنازل للاستعمال . ويلاحظ زيادة درجة ملوحة مياه الشرب في السنوات الاخيرة نتيجة الزيادة العامة في درجة ملوحة مياه البحرين الجوفية .

ويوضح جدول رقم (٧) درجة ملوحة مياه الشرب في بعض المناطق سنة ١٩٧٠ .

جدول رقم (٧)

المنطقة	درجة الملوحة (جزء في المليون)
المنامة	٢٤٨٠
المحرق	٢٠٤٦
مدينة عيسى	٣٧٣٠
الحد	١٩٢٥
سترة	٢٥٩٦
الزلاق	٢٦٤٦

المصدر : مكتب مصادر المياه . تقرير المسح الربعي لابار البحرين ــ ملوحة المياه ــ اكتوبر سنة ١٩٧٠ .

ويتبين من الجدول السابق مدى ارتفاع درجة ملوحة مياه الشرب المستخدمة في البحرين ، ويتوضح هذا اذا علمنا ان المياه تبقى صالحة للاستعمال البشري حتى تصل بها نسبة الاملاح المذابة الى ٥٠٠ جزء في المليون ، وان اقصى حد تكون معه المياه صالحة للاستعمال هو ١٠٠٠ جزء في المليون . وتتراوح درجة ملوحة مياه الشرب الحالية ما بين ٢٠٠٠ الى ٣٠٠٠ جزء في المليون ، وهي اخذة في التزايد نتيجة للوضع المتدهور في نوعية المياه ، ولهذا السبب شرع في بناء محطة تقطير للمياه شمال جزيرة سترة التي تم الانتهاء من المرحلة الاولى منها ، والتي ستنتهي اخر مراحلها بانتهاء سنة ١٩٨١ ، ويمكن عن طريق هذا المشروع

معالجة تدهور مياه الشرب المستخدمة حاليا وتزويد سكان البحرين بالميـــاه العذبة . (٢٤)

ب ــ الصناعة :

في الوقت الحاضر نجد ان استخدام المياه في الصناعة ضئيل حيث تبلغ كمية المياه المستهلكة في الصناعة ســنة ١٩٧٤ (١٦) مليــون متــر مكعـــب اي (٠٠٠ر٠٠٠ر٧٢٠ر٢٢٦ر٤ غالون) وهو ما يمثل ما نسبته ٧٩ر٨٪ من جملة الاستهلاك العام للمياه .

ويوضح جدول رقم (٨) كمية المياه المستهلكة في الصناعة ، وتوزيعها على مختلف الصناعات .

جـــدول رقم ٨

الصناعة	غالون	متر مكعب	النسبة المئوية
صناعة النفط	٠٠٠ر٠٠٠ر٥٢٠ر٢٧٧ر٢	٠٠٠ر٠٠٠ر٩	٢٥ر٥٦
صناعة الالمنيوم	٠٠٠ر٠٠٠ر٩٤٠ر٦٥ر١*	٠٠٠ر٢٣٠ر٤١	٦٨ر٣٤
بقية الصناعات :	٠٠٠ر٢٥٠ر٢٨٣	٠٠٠ر٧٧٠ر٥٠ر١	٠٠٧ر٩
الشادق	٠٠٠ر٠٠٠ر٦٥ر٢٩		
معامل الثلج والمياه الغازية	٠٠٠ر٠٠٠ر١٦٥ر١٩		
صناعة الاسماك	٠٠٠ر٠٠٠ر٨٠ر٣		
الصناعات الغذائية	٠٠٠ر٠٠٠ر٣٨٠ر٤		
صناعات متنوعة	٠٠٠ر٠٠٠ر٩٠ر٢٤		
مطار البحرين الدولي	٠٠٠ر٠٠٠ر٢٥٠ر٩١		
المجموع	٠٠٠ر٠٠٠ر٧٢٠ر٢٢٦ر٤	٠٠٠ر٠٠٠ر١٦	١٠٠

المصـــدر : John Taylor. Water Distribution Study Report . BAHRAIN. P. 5

* هذا الرقم تقديري من وضع الباحث

ويلاحظ من الجدول ان الرقم المستهلك في صناعة النفط يشمل الاستعمالات المنزلية والري في العوالي (مدينة النفط) بالاضافة الى ما يستعمل في معمـــل التكرير .

وتنفرد صناعة النفط بالنصيب الاكبر من كمية المياه المستخدمة في الصناعة حيث تبلغ نسبتها ٢٥ر٥٦٪ من مجموع المياه ، اي ٩ مليون متر مكعب، تليها

صناعة الالمنيوم التي تبلغ حصتها حوالي ٥ره مليون متر مكعب اي ما نسبته ٣٤ر٦٨٪ من مجموع المياه المستخدمة في الصناعة . وتستهلك كلتا الصناعتين (النفط والالمنيوم) ما نسبته ٩٣ر٩٠ من مجموع المياه المستخدمة في الصناعة ، ولا يمثل استهلاك بقية الصناعات من المياه الا نسبة ضئيلة تبلغ ٩٪ من مجموع المياه المستهلكة في الصناعة .

ويتجه منحنى استهلاك المياه في الصناعة نحو الزيادة نتيجة لما تتطلبه الصناعات من توفر المياه لاستخداماتها المتعددة ، وبخاصة بعد ازدياد عدد الصناعات في السنوات الاخيرة . ولا بد لكل صناعة تقام في الوقت الحاضر من ان توفر متطلباتها من المياه وان تدرس بعناية طريقة التزويد . والطريقة المتبعة حاليا هي ان كل مصنع يغطي حاجته من المياه عن طريق ابار خاصة به .

الزراعة :

رغم عظم كمية المياه المستخدمة في الزراعة والتي تبلغ ١٤٤ مليون متر مكعب (٠٠٠ر٩٥١ر٩٧٢ر٣٧ غالون) اي ما نسبته ٧٩٪ من مجموع الاستهلاك العام للمياه ، فان جزءا كبيرا من هذه الكمية يضيع في الزراعة والبحر دون ان يخدم اي غرض ، بل انه على العكس من ذلك يزيد من ملوحة التربة بما يرسبه فيها من املاحها الذائبة والتي تبقى بعد تبخرها ، ولهذا نجد انه بسبب ملوحة المياه العالية جدا فان التربة شديدة الملوحة . (٢٥) ولهذا فبالرغم من عظم كمية المياه المستعملة في الري فان الزراعة في حد ذاتها لا تشكل الا نسبة ضئيلة من اهتمامات المجتمع، حيث بلغ عدد العاملين في الانتاج الزراعي والحيواني سنة ١٩٧٤ ما نسبته ٢٤ر١٪ من مجموع سكان البحرين (حوالي ٢٦٨١ نسمة)٠ (٢٦)

وتقدر المساحة المزروعة حاليا بحوالي ٢٠٠٠ فدان . واهم عامل يحد من التوسع في الارض الزراعية هو نوعية المياه والذي يعتمد عليه مستقبل الزراعة في البحرين . كما ان عدم تحكم المزارعين في طريقة الري ، سبب زيادة في ملوحة التربة ، ولهذا كانت الحاجة ماسة الى مشاريع الصرف التي يمكنها التحكم في الضائع من المياه ، وايقاف افساد نوعية التربة . ولكن بالرغم من انشاء بعض المشاريع للحفاظ على التربة والثروة الزراعية (٢٧) الا ان نوعية المياه الاخذة بالتدهور وازدياد الملوحة تقف حائلا دون نجاح الكثير من مشاريع الحفاظ على الثروة الزراعية .

مستقبل المياه الجوفية في البحرين :

يتضح من العرض السابق ان موضوع المياه الجوفية في البحرين تعترضه عدة مشكلات ابرزها :

- زيادة ملوحة المياه .

ـ نقص التصريف في الابار .

ـ زيادة المقنن المائي للفدان بسبب التربات الرملية .

ولقد اقترحت عدة حلول لمواجهة مشكلة المياه . ومن اهم هذه الحلول ما يأتي :

١ ـ دراسة الاستهلاك المائي القائم في البحرين والعربية السعودية نظرا لان السعودية تستخدم نفس خزانات المياه الجوفية في عملية التنمية الزراعية في المنطقة الشرقية .

٢ ـ دراسة حجم المخزون في الطبقة «(أ)» و «(ب)» دراسة علمية دقيقة .

٣ ـ تنظيم استهلاك المياه الجوفية بما يلي :

ـ تقليل عدد الابار الحالية .

ـ انشاء ابار بمواصفات علمية تخضع لاشراف ينظم مقدار الانتاج .

ـ اختيار انسب الاماكن لحفر الابار من حيث السطح والطبقة .

٤ـ توفير كميات من المياه العذبة تقدر بحوالي ٤٠ مليون متر مكعب وذلك بتقطير ٣٠ مليون متر مكعب من مياه البحر للاستعمالات المنزلية والشرب من التنبيه على شركة نفط البحرين المحدودة (بابكو) ان توفر مستلزماتها من المياه العذبة البالغة (٩ـ١٠ مليون متر مكعب) من مياه البحر المقطرة .

٥ ـ تطبيق الاساليب الفنية في ري المزروعات بالطريقة التي توفر كميات كبيرة من المياه العذبة لاعمال الري والزراعة .

٦ ـ وضع عملية استهلاك المياه في المساكن والابنية تحت التقنين بتركيب عدادات تسجل كميات الاستهلاك .

ان الاخذ بهذه الحلول قد يؤدي على مدى سنوات قادمة الى التخفيف من كميات المياه المستهلكة مما يوفر كميات لا باس بها من المياه الجوفية لاعوام قادمة اخرى .

وهذا يتطلب التعاون بين مختلف الجهات الحكومية المختصة وبين جمهور المواطنين لكي تتمكن البحرين من ان تبقى محتفظة بثروتها المائية وبشهرتها القديمة كحديقة الخليج .

هوامش البحث :

١ ــ شركة ايطال كونسلت . « الدراسات المائية والزراعية في البحرين » . **التقرير النهائي** ، سبتمبر ١٧١ ، ص ٢٦ .

٢ــ الايكر = ٤٠٤٧ متر مربع .

٣ــ د. محمد الفيل . « الزراعة في البحرين » مجلة البحوث والدراسات العربية ، العـــدد السادس ، تاريخ البحرين ١٩٧٥ ــ ص ١٩٨ .

٤ــ انظر محمد النبهاني. **التحفة البنهانية** ص ٥٦ .

٥ــ انظر أمين الريحاني ملوك العرب ج ٢ ، ص ٢٢١ .

٦ــ تبلغ متوسط كمية الامطار السنوية حوالي ١٠٠ ملم ، اما متوسط درجة الحرارة السنوية فتبلغ ٧٩ر٥ درجة فهرنهيت .

٧ ــ Willis, R.P. "Bahrain in Geology of the Arabian Peninsula" U. S. G. S. Professional Papers. No. 560-E Washington: 1967.

٨ــ تقرير شركة ايطال كونسلت السابق ص ٢٦ ، نقلا عن : ار . اي . دي ميستر وبي ايه تي هيتر . هيدرولوجيا البحرين . ص ٢٥ .

٩ ــ BAPCO. "Report on The Hydrology of Bahrain." 1953. P. 21-23.

١٠ ــ David J. Burdon and Abdel B. Khatib. Water Resources and Agriculture Uses in Bahrain". FAO Report. U.N. P.5.

١١ــ د. محمد متولي . حوض الخليج العربي . ص ١٨٤ .

١٢ــ المرجع السابق ص ١٨٥ .

١٣ ــ (جواجب) جمع كلمة جوجب . وتستخدم في البحرين للدلالة على الينبوع البحري .

١٤ ــ BAPCO. OP.CIT. P. 16.

١٥ــ J. H. D. Belgrave. Pirate Coast. 1966, P. 77.

١٦ــ ايطال كونسلت . التقرير السابق .

١٧ ــ David J. Burdon & Abdel B. Khatib. OP. CIT. P. 7.

١٨ ــ معهد البحوث والدراسات العربية . دولة البحرين ــ دراسة في تحديات البيئة والاستجابة البشرية . ص ١٢ .

١٩ــ المرجع السابق .

٢٠ ــ John Taylor . Water Distribution. (Report). P. 33.

٢١ــ معهد البحوث والدراسات العربية . المرجع السابق . ص ١٢١ .

٢٢ــ البحوث والدراسات العربية . نفس المرجع السابق . ص ١٢٢ .

٢٣ ــ John Taylor. OP. CIT. P.6.

٢٤ ــ Ibid. P. 7.

٢٥ــ ايطال كونسلت . التقرير السابق . ص ١٠

٢٦ ــ المجموعة الاحصائية السنوية .

٢٧ــ انظر : Moh'd Ayub. Irrigation with Polythene. 1965.

مراجع البحث :

أ ـــ الكتب والابحاث والتقارير العربية :

١ـــ معهد البحوث والدراسات العربية . **دولة البحرين ـــ دراسة في تحديات البيئة والاستجابة البشرية** . القاهرة ١٩٧٥ .

٢ـــ د. محمد متولي . **حوض الخليج العربي** القاهرة ١٩٧٥ .

٣ـــ امين الريحاني . **ملوك العرب** . الجزء الثاني ، بيروت ، ١٩٢٩ .

٤ـــ محمد خليفة النبهان. **التحفة النبهانية في تاريخ الجزيرة العربية** . تاريخ البحرين . ج٦ ، القاهرة ، ١٩٤٣ .

٥ـــ د. محمد الفيل . **الزراعة في البحرين** . مجلة البحوث والدراسات العربية ، العدد السادس، القاهرة ، ١٩٧٥ .

٦ـــ شركة ايطال كونسلت . **الدراسات المائية والزراعية في البحرين . التقرير النهائي** ، البحرين، سبتمبر ١٩٧١ .

٧ـــ مكتب مصادر المياه . حكومة البحرين . **المسح الربص للوحة ابار البحرين** . اكتوبر ١٩٧٠.

٨ـــ مكتب مصادر المياه . حكومة البحرين . **المسح الربص لمستوى المياه في ابار البحرين** . يناير ١٩٧١.

٩ـــ مكتب الاحصاء . وزارة المالية والاقتصاد الوطني . **المجموعة الاحصائية السنوية** .للسنوات ١٩٦٨ ـــ ١٩٦٩ ـــ ١٩٧٠ ـــ ١٩٧١ ـــ ١٩٧٢ ـــ ١٩٧٣ ـــ ١٩٧٤ .

١٠ـــ دائرة اسالة المياه . وزارة الاشغال والكهرباء والماء . **احصائيات استهلاك المياه الشهرية من ١٩٦٨ ـــ ١٩٧٤** .

ب ـــ المراجع الاجنبية :

1) Willis, R.P. "Bahrain in Geology of the Arabian Peninsula". U. S. G. S. Professional Papers. No. 560-E. Washington: 1967.

2) David J. Burdon & Abdel B. Khatib. "Waters Resources and Agriculture Uses in Bahrain". FAO Report. Rome: U.N., 1968.

3) Wright, E.P. "Report on the Ground - Water Resources of Bahrain Island". Bahrain: 1967.

4) Belgrave, J.H.D. The Pirate Coast. Lebanon: 1966.

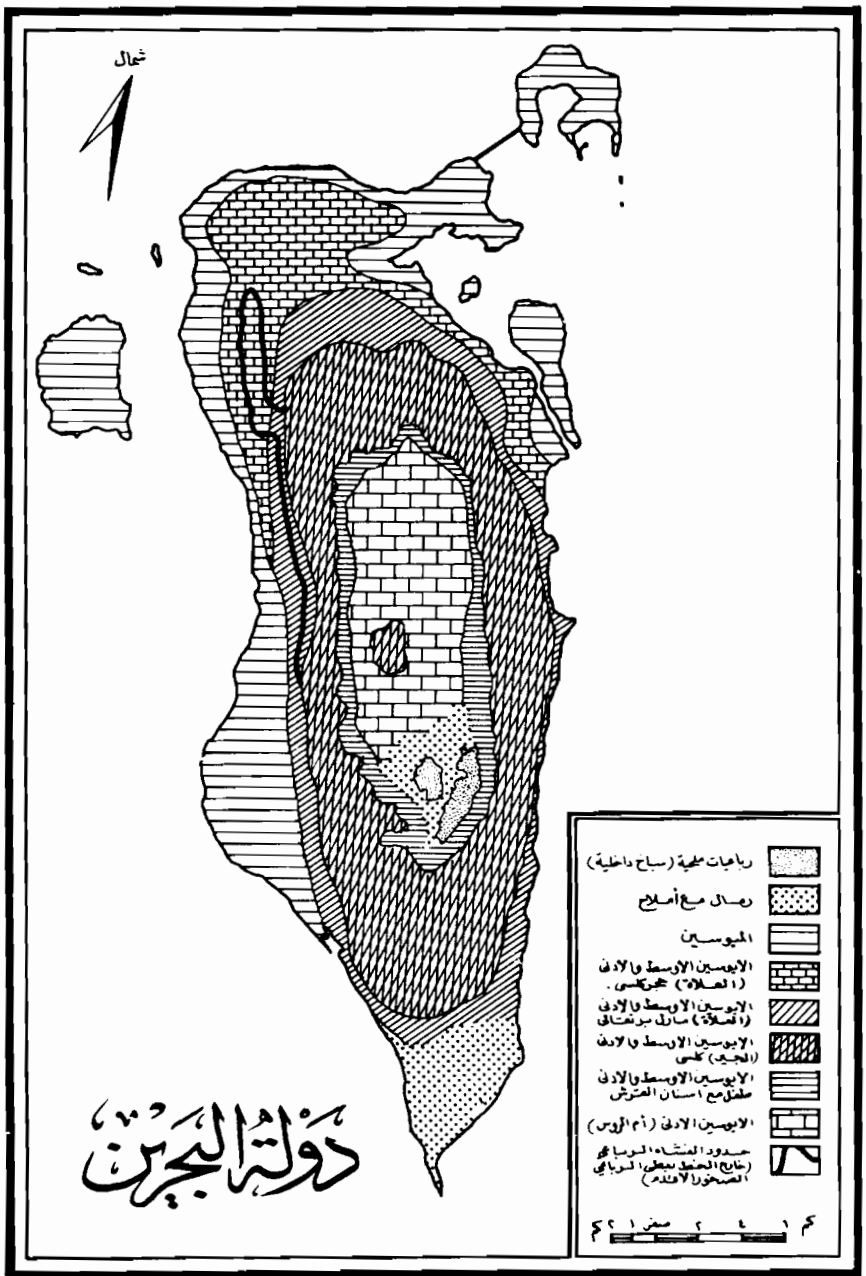
5) BAPCO. "Report on Land Spring". File No. 763-1. Bahrain: 1953.

6) BAPCO. "Report on Submarine Springs". File No. 763-2. Bahrain: 1953.

7) BAPCO. " Report on Artesian Wells". File No. 760. Bahrain. 1953

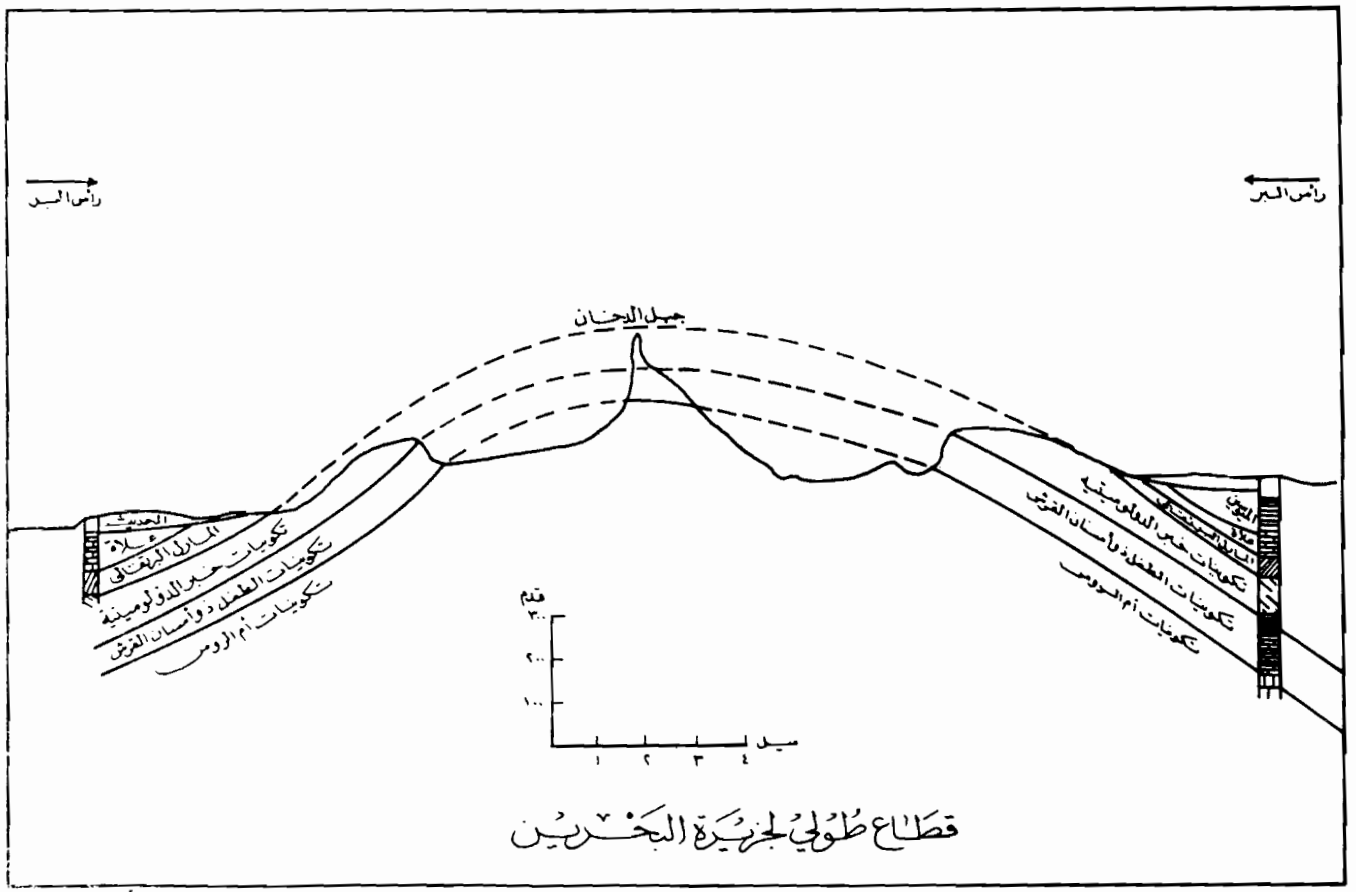
8) BAPCO. "The Hydrology of Bahrain". Bahrain: 1956.

9) John Taylor. "Water Distribution Study Report." Liverpool: 1974



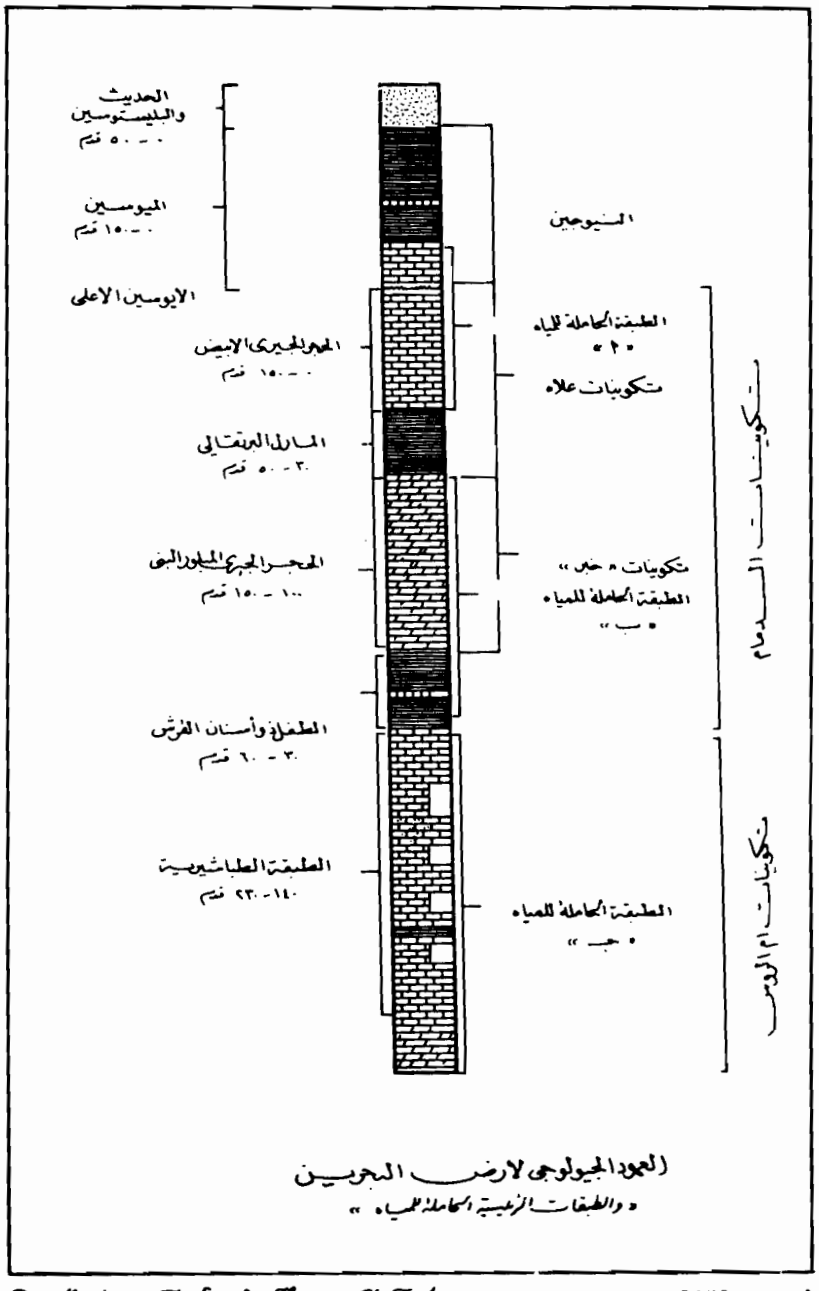
المصدر : د. عادل عبد السلام . ارض البحرين : دراسة في الجغرافيا الطبيعية من كتاب « دولة البحرين » ص ٦٢ .

خريطة البحرين الجيولوجية



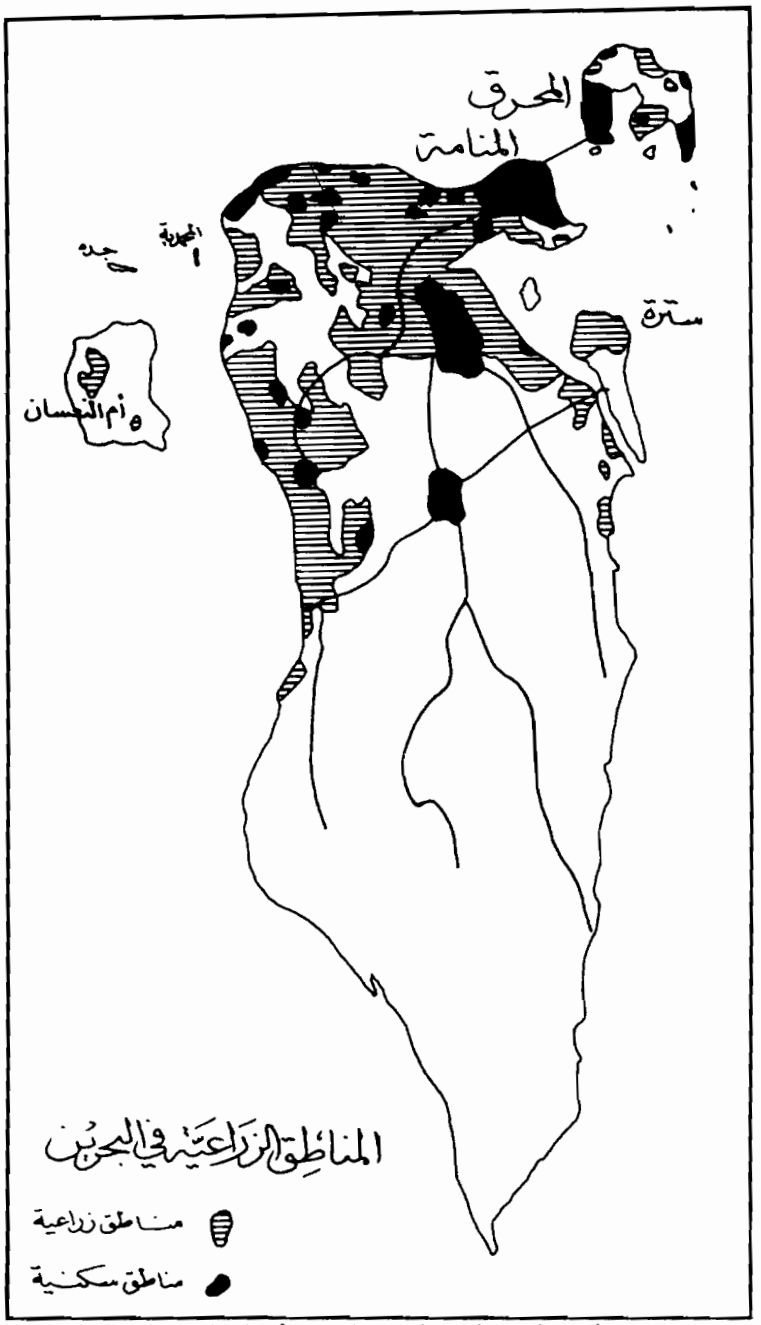
قطاع طولي لجزيرة البحرين

المصدر : De Mastere, R. E. & Haines, P. T. J. THE HYDROLOGY OF BAHRAIN. Awali. 1956.



العمود الجيولوجي لارض البحرين
« والطبقات الرئيسية الحاملة للمياه »

المصدر: De Maslore, R. E. & Haines. G. T. J. THE HYDROLOGY OF BAHRAIN
Awali. 1956.



المصدر : د. محمود شيد العقيل . الزراعة في البحرين ، مجلة البحوث والدراسات الاجتماعية ١٩٧٠