



# الحالة الراهنة للوحة المياه الجوفية بمنطقة مشروع الري والصرف بالأحساء والعوامل المؤثرة عليها

إعداد :  
م/ خليفة عبدالله الكويطي  
م/ صلاح سعيد أحمد  
م/ عادل خضر بوزيد

المملكة العربية السعودية

ورقة عمل مقدمة من وزارة الزراعة والمياه - هيئة الري والصرف بالأحساء

للندوة الأولى - لترشيد استهلاك المياه وتنمية مصادرها

وزارة الزراعة والمياه - الرياض

١٢-١٥ محرم ١٤٢١هـ

١٦-١٩ أبريل ٢٠٠٠م

## المحتويات

رقم الصفحة	الموضوع
٣	ملخص ( الوضع الحالي للملوحة المياه الجوفية بمنطقة مشروع الري والصرف بالأحساء والعوامل المؤثرة عليها) .
٤	١ : مقدمة ١-١ : موقع المشروع .
٤	١-٢ : مصادر المياه الجوفية بواحة الأحساء .
٦	١-٣ : أهداف الدراسة .
٦	٢ : الطرق والتحليل المستخدمة في البحث .
٨	٣ : استعراض النتائج ومناقشتها : ٣-١ : نتائج التوصيل الكهربائي لمياه الآبار وتوزيعها جغرافياً .
٩	٣-٢ : تركيز الأيونات الرئيسية .
١٠	٣-٣ : التغير الزمني في درجة الملوحة .
١١	٣-٤ : مناقشة النتائج .
١٣	٣-٥ : خلاصة النتائج .
١٣	٤ : التوصيات .
١٥	٥ : المراجع .
١٦	ملحق الأشكال والرسومات البيانية .

## قائمة الأشكال والرسومات البيانية

١	موقع الأحساء .
٢	جيولوجية المنطقة (تتابع التكاوين) .
٣	مواقع الآبار .
٤	التوزيع التكراري لدرجة التوصيل الكهربائي (EC) .
٥	التوزيع الجغرافي للملوحة ١٩٩٩ م .
٦ - ١١	التوزيع التكراري للأيونات .
١٢ - ١٧	التوزيع الجغرافي للأيونات .
١٨	التوزيع الجغرافي للملوحة العام ١٩٨٥ م .
١٩	حركة المياه الجوفية وطبقات المياه بالأحساء .

## الحالة الراهنة لملوحة المياه الجوفية

### بمنطقة مشروع الري والصرف بالأحساء والعوامل المؤثرة عليها

#### ملخص :

يعتبر تكوين النيوجين المصدر الرئيسي لمياه الري والشرب بواحة الأحساء ، حيث يوفر حوالي ٩٠% من احتياجات المنطقة . وقد أشارت دراسة سابقة أجرتها وزارة الزراعة والمياه إلى أن معدل السحب الآمن من هذا التكوين يقدر بحوالي ( ١٠ م<sup>٣</sup>/ث ) ، غير أن تزايد الطلب على المياه لكافة القطاعات أدى إلى ازدياد السحب من تكوين النيوجين ووصوله إلى معدلات تفوق معدلات السحب الآمن ، ونتيجة لذلك لوحظ ارتفاع درجة ملوحة مياهه في السنوات الأخيرة . وتركزت تلك الزيادة بشكل خاص في الأجزاء الجنوبية الشرقية بحيث أصبحت مياه عدد كبير من الآبار غير صالحة للري . مما دفع أصحابها إلى هجرها واللجوء لمشروع الري والصرف لإمداد مزارعهم بالمياه .

تهدف هذه الدراسة إلى رصد الحالة الراهنة لملوحة مياه ذلك التكوين وتقصي أسباب ظاهرة تزايد الملوحة من خلال مسح هايدروكيميائي شمل حوالي ( ٦٤٨ ) بئراً إنتاجياً داخل نطاق مشروع الري والصرف لُجِّعت منها عينات المياه وتم تحليلها لتحديد درجة التوصيل الكهربائي كما تم تحليل (٩٦) عينة منها تحليلًا كيميائيًا للحصول على تركيز الأيونات الرئيسية . واستخدم نظام المعلومات الجغرافي (GIS) في إسقاط مواقع الآبار على خريطة المشروع ، كما استخدم برنامج الحاسب الآلي (SURFER) في رصد البيانات الإحصائية ورسم الخرائط الكنتورية للملوحة والأيونات الرئيسية . إضافة إلى ذلك وبالرجوع إلى بيانات سابقة تم رصد التغير الزمني في ملوحة مياه التكوين ومعدلات ذلك التغير ، حيث اتضح أن متوسط درجة الملوحة في الفترة من ١٩٨٥ - ١٩٩٩ م زاد بمعدل ٢٨% ، أما الحد الأعلى فقد ارتفع بحوالي ١٢٠% .

وبينت الدراسة أن تزايد وارتفاع درجة الملوحة الذي تركز في الأجزاء الجنوبية والجنوبية الشرقية من الواحة يرجع بشكل رئيسي إلى عودة مياه الري الزائدة ووصولها إلى التكوين وخاصة من منطقة الغوية التي تقع جنوب شرق الواحة ولا تتوفر فيها مصارف . كما بينت أيضاً أن التغير في درجة الملوحة وارتفاعها زمنياً في الأجزاء الأخرى من الواحة يعود إلى تزايد سحب المياه من التكوين وتفوقه بشكل مطرد على معدلات السحب الآمن له . وأشار إلى أنه يتوقع استمرار الارتفاع في درجة ملوحة مياه تكوين النيوجين مما يخشى منه إحالتها إلى مياه عالية الملوحة غير صالحة للري . وطرحت الدراسة بعض التوصيات الضرورية لتقليل من هذه الظاهرة والحد منها مثل : إيجاد حل لمشكلة الصرف بمنطقة الغوية أو نقل الاستثمار الزراعي فيها إلى منطقة أخرى مناسبة ، مع ردم الآبار الغير صالحة ومنع استخدامها لتصريف مياه الصرف الزراعي . إضافة إلى الحد من استنزاف المياه الجوفية عن طريق الإسراع في تركيب عدادات على الآبار وتحديث نظم الري ، والإسراع في استكمال تنفيذ مشروع تطوير محطات معالجة مياه الصرف الصحي بالمنطقة للاستعانة بمياهها في الري وبالتالي تقليل سحب المياه الجوفية .

١ : مقدمة :

## ١-١ : موقع المشروع :

يقع مشروع الري والصرف في واحة الأحساء بالمنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية التي تنحصر بين دائرتي العرض ٢١-٢٥° و ٣٧-٢٥° شمالاً وخطي الطول ١٣-٤٩° و ٤٦-٤٩° شرقاً ، على ارتفاع يتراوح من ١٣٠م إلى ١٦٠م فوق سطح البحر . وتحتل واحة الأحساء - التي تبعد عن الشاطئ الغربي للخليج العربي بحوالي ٧٠ كلم وإلى الجنوب الغربي من مدينة الدمام بحوالي ١٥٠ كلم - مساحة على شكل حرف ( L ) تقدر بحوالي ٣٥٠ كم<sup>٢</sup> (انظر الشكل رقم ١) .

تعتبر واحة الأحساء - التي اشتهرت قديماً بالينابيع التي تتدفق طبيعياً - من أقدم وأكبر الواحات الزراعية بالخليج العربي ، حيث عرفت بغزارة إنتاجها الزراعي وخاصة في مجال التمور التي تصدر إلى الدول المجاورة . وفي العام ١٩٧١م تم تشغيل مشروع الري والصرف بالأحساء الذي أنشأته وزارة الزراعة والمياه بعد دراسات مستفيضة بهدف تطوير الواحة الزراعية والنهوض بأساليب الري والصرف فيها ، إضافة إلى تحسين وضع التربة الزراعية وتنمية مصادر المياه الجوفية والحفاظة عليها .

## ٢-١ : مصادر المياه الجوفية بواحة الأحساء :

تستمد منطقة الأحساء احتياجاتها من مياه الري والشرب من المياه الجوفية المستخرجة من ثلاث تكوينات هي من الأسفل إلى الأعلى كما يلي :

### - تكوين أم الرضمة :

من عصر الباليوسين ويتكون من أحجار الدولوميت والجير ، ويتميز بالشقوق والتجاويف الكارستية . ويبدأ في منطقة الهفوف من حوالي ٢٨٠ متر من سطح الأرض بسمك حوالي ٥٠٠-٧٠٠ م ، وتختلف إنتاجيته حسب تواجد الشقوق وكثافتها حيث تتراوح من حوالي ١٠ إلى ٧٠ ل/ث . أما كمية السحب منه التي تتركز في منطقة الغوية جنوب شرق الهفوف وتستخدم في الزراعة فقد تم تقديرها عام ١٩٨٣م بحوالي ٥ مليون متر مكعب سنوياً (عثمان، ٣) ، وقد تلاحظ أيضاً زيادة تدريجية في درجة ملوحة مياهه التي تتراوح من (١٠٠٠-٣٠٠٠ جزء في المليون) .

### - تكوين الدمام عضو الخبر :

وهو من العصر الإيوسيني الأوسط ، ويفصله عن تكوين أم الرضمة تكوين الرس غير الحامل للمياه ويتكون من الحجر الجيري مع قليل من الحجر الدولوميتي ويبدأ من عمق حوالي (١٨٠-٢٠٠ متراً) إلى حوالي ٢٤٠ متراً . ونظراً لسمكه القليل الذي يصل في حده الأقصى إلى ٤٥ متراً ، وصغر مساحة منكشفة فإن عضو الخبر ذو إمكانات مائية محدودة بمنطقة الأحساء . حيث تنتج الآبار من ٧-٢٢ لتر/ثانية في الشمال والشمال

الشرقي . أما نوعية مياهه فتعتبر جيدة مقارنة بتكويني أم الرضمة والنيوجين وتبلغ حوالي ١٢٠٠ جزء في المليون في المتوسط ، ولذا فإنه يستغل لإمدادات مياه الشرب في معظم قرى الأحساء . وتم تقدير كمية المياه المستخرجة منه عام ١٩٨٣م (عثمان، ٣) بحوالي ٨ مليون متر مكعب سنوياً منها حوالي ٥ مليون متر مكعب لأغراض الشرب .

## - تكوين النيوجين :

يطلق تكوين النيوجين على الرسوبيات التي ترجع إلى عصر المايوسين والبلايوسين التي ترسبت على تكوين الدمام بعد فترة انقطاع رسوبي . ويصل سمكه في الأحساء إلى حوالي ٢٠٠ متر وينقسم إلى ثلاث طبقات هي من أسفل إلى أعلى : طبقة الهيدروك ، طبقة اللددام وطبقة الهفوف .

ولا توجد فواصل مانعة بين طبقات النيوجين الثلاث ، حيث تكون خزان مائي واحد . وأهم هذه الطبقات هي الطبقة الوسطى (طبقة اللددام) المتكونة من الحجر الجيري المتشقق الذي تكثر به الكهوف والممرات المائية ومنه تتغذى عيون الأحساء ومعظم الآبار ويصل سمكه إلى حوالي ١٠٠ متر في وسط الواحة (شرق الهفوف) ، ولكثرة التشققات بطبقة اللددام فهي عالية النفاذية والإنتاجية ، إلا أن إنتاجية الآبار تعتمد على مواقعها بالنسبة لمناطق التشققات والكهوف ، فتكون عالية الإنتاجية وتصل إنتاجية البئر الواحد إلى حوالي ١٨٠ لتر/ثانية بانخفاض ستمترات قليلة في منسوب الماء إذا صادف البئر منطقة تشققات ، وقد لا تنتج البئر إذا لم تصادف أي تشققات . وتلي طبقة اللددام من حيث الأهمية الطبقة السفلى (طبقة الهيدروك) المتكونة من الحجر الجيري والمارل والطين والرمال الناعمة . وتكون هذه الطبقة منتجة في الأجزاء الشمالية والشمالية الشرقية ، إلا أن وجود الرمال الناعمة وخاصة شمال الأحساء يجعل الآبار مكلفة . وأما طبقة الهفوف العليا من النيوجين فلا تعتبر ذات أهمية مائية لقلّة سمكها وعدم استمراريتها بالمنطقة .

وأشارت دراسة سابقة أجرتها وزارة الزراعة والمياه لتقييم أوضاع المياه بواحة الأحساء عام ١٩٧٧م (دراسة مؤسسة ب ر ج م الفرنسية) إلى أن تكوين النيوجين يتلقى مساهمة مائية من تكوين أم الرضمة في قمة محدودب الغوار إلى الغرب من الأحساء حيث يتلاشى تكوين الدمام بفعل التعرية ، متيحاً المجال للاتصال المباشر بين تكويني أم الرضمة والنيوجين . لذا فإن مياه النيوجين تعتبر خليطاً متكوناً من حوالي (٧٥-٨٠%) من مخزون الطبقة وحوالي (١٠-١٥%) من طبقة أم الرضمة وحوالي (٥-١٥%) من التغذية السنوية من الأمطار . وقدرت تلك الدراسة معدل السحب العام من تكوين النيوجين آنذاك بحوالي ١٠,١٢٥ متر مكعب/ثانية كالاتي :

\* ٧,١ م<sup>٣</sup>/ث حصة مشروع الري والصرف .

\* ٢,٥ م<sup>٣</sup>/ث الآبار الخاصة بالمواطنين .

\* ٠,٥٢٥ م<sup>٣</sup>/ث السحب لأغراض الشرب .

كما قدرت تلك الدراسة التغذية السنوية لتكوين النيوجين من الأمطار التي تصل إليه من خلال منطقة منكشفة إلى الغرب من الأحساء بما يعادل كمية السحب آنذاك (حوالي ١٠ م<sup>٣</sup>/ث) وفي دراسة لاحقة أجرتها الوزارة (الحمين، ٤) عام ١٤٠٧هـ تم تقدير معدل السحب من تكوين النيوجين بحوالي ١٤,٥ متر مكعب/ثانية

وهو ما يفوق التغذية السنوية به ٣م٤,٥ /ث ، أو (٤٥%) مع العلم بأن كل تلك الزيادة تعود للتوسع في السحب من قبل الأهالي وذلك على حساب حصة مشروع الري والصرف التي بدأت تتدنى من (١,٣٧م/ث) عام ١٩٧٨م حتى وصلت حالياً إلى حوالي (٣م٣/ث) فقط ، ويوضح الشكل رقم (٢) تتابع التكاوين الحاملة للمياه بالأحساء .

### ٣-١ : أهداف الدراسة :

لقد طرأت خلال السنوات الأخيرة زيادة ملحوظة في درجة ملوحة مياه آبار النيوجين ، وازدادت معدلات التملح بشكل خاص في الأجزاء الجنوبية الشرقية من الواحة كمناطق الطرف والجفر والفضول ، بحيث أصبحت مياه عدد كبير من الآبار غير صالحة للري مما دفع أصحابها لهجرها واللجوء لمشروع الري والصرف لتزويد مزارعهم بمياه الري وحيث أن هذه الظاهرة مرشحة - في ظل اشتداد السحب من التكوين - للانتشار وتهديد مياه جمل الطبقة بالتملح والتلوث ، فإن الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو دراسة الوضع الحالي للملحة طبقة النيوجين مع رصد حجم وأسباب تزايد ملوحة الآبار التي تسببت في لجوء الكثير من المزارعين للمشروع لإمدادهم بمياه الري . وتهدف أيضاً إلى تقديم الاقتراحات والتوصيات الواجب أخذها في الاعتبار مستقبلاً للتخفيف من حدة هذه المشكلة .

### ٢ : الطرق والتحليل المستخدمة في البحث :

تم خلال عام ١٩٩٩م إجراء مسح هايدروكيميائي للمياه الجوفية بتكوين النيوجين في منطقة مشروع الري والصرف التي تمثل حوالي (٨٠%) من مساحة واحة الأحساء ، حيث أخذت عينات المياه من عدد (٦٤٨) بئراً أنبوبياً خاصاً منتجاً ، وذلك بعد تشغيل البئر لفترة كافية قبل أخذ العينة لضمان تمثيلها لمياه طبقة النيوجين . وقد اعتمد في طريقة اختيار الآبار وتوزيعها - لتكون ممثلة لكامل المساحة - على التقسيم المتبع لمنطقة المشروع إلى مناطق خدمة ، بحيث اختيرت الآبار من كل المناطق التي توجد بها آبار مع مراعاة زيادة عدد الآبار في التي تكون كثافة الآبار فيها عالية ، ويوضح الجدول التالي رقم (١) توزيع الآبار حسب المناطق المختلفة ، كما يوضح الشكل رقم (٣) مواقع الآبار التي تم توقيعها على خريطة المشروع باستخدام برنامج نظام المعلومات الجغرافي (GIS) .

عدد العينات	المنطقة	م
١٨٠	<b>F1 + F1.11 + F1.12</b>	.١
٧١	<b>F1.1</b>	.٢

٦٩	<b>F1.2</b>	.٣
١٤	<b>F1.3</b>	.٤
١٧	<b>F1.4</b>	.٥
١٠	<b>F2</b>	.٦
١٥	<b>F3</b>	.٧
٥٥	<b>F4</b>	.٨
٦٢	<b>F5 + F5.1</b>	.٩
٣٩	<b>F6 + F6.1</b>	.١٠
٢١	<b>F7</b>	.١١
٣٩	<b>P1</b>	.١٢
٤٩	<b>P2</b>	.١٣
٧	<b>P4</b>	.١٤
٦٤٨	<b>المجموع الكلي</b>	

حيث تم تحليل العينات بمختبر الهيئة لتحديد درجة التوصيل الكهربائي (**Ec**) ، كما تم اختيار عدد (٩٦ عينة) من أصل (٦٤٨) بئراً حللت تحليلاً كيميائياً لتحديد تركيز الأيونات الرئيسية (بالجزء في المليون) وهي : الكلوريدات ، البيكربونات ، الصوديوم ، الكالسيوم ، الماغنسيوم والبوتاسيوم . وأجريت تحاليل تركيز الصوديوم والبوتاسيوم باستخدام جهاز الـ (**Flame Photometer**) والكالسيوم والماغنسيوم بالمعايرة (بطريقة **EDTA**) . كما أجريت تحاليل الكربونات والبيكربونات بالمعايرة بحمض الكبريتيك (**H<sub>2</sub>So<sub>4</sub>**) والكلوريدات بالمعايرة بـ (**AgNo<sub>3</sub>**) ، ولعمل الرسومات الكتورية للملوحة (**Ec**) والأيونات المختلفة ومعرفة مدى تغيرها جغرافياً وعرض النتائج تم الاستعانة ببرنامج الحاسب الآلي (**SURFER**) .

٣ : استعراض النتائج ومناقشتها :

٣-١ : نتائج التوصيل الكهربائي لمياه الآبار ( Ec ) وتوزيعها جغرافياً :

عند المعالجة الإحصائية لنتائج درجة التوصيل الكهربائي لمياه الآبار وعددها (٦٤٨) بئراً تم التوصيل للجدول رقم (٢) أدناه والذي يلخص تلك النتائج :

الوسيط Median	المنوال Mode	الانحراف المعياري STDEV	الحد الأعلى (مليموز/سم) Max	الحد الأدنى (مليموز/سم) Min	المتوسط (مليموز/سم) Mean	عدد العينات ( N )
٣,٢٧	٢,٩٣	١,٨٣	١٢,٧٥	٢,١٧	٤,٠٢	٦٤٨

ويلاحظ منه أن درجات التوصيل الكهربائي تراوحت بين حد أدنى قدره (٢,١٧ مليموز/سم) وحد أعلى قدره (١٢,٧٥ مليموز/سم) . وبلغ المتوسط لها (٤,٠٢ مليموز/سم) . ويوضح الشكل رقم (٤) التوزيع التكراري أو التواتري (**Frequency Distribution**) لنتائج التوصيل الكهربائي لمياه الآبار ، حيث يتبين أن حوالي (٣٣%) من الآبار جاءت درجة التوصيل الكهربائي لها منخفضة نسبياً (أقل من ٣ مليموز/سم) ، وجاءت أكبر شريحة من الآبار (٣٨%) بدرجة توصيل كهربائي من (٣ إلى ٤ مليموز/سم) . وبلغت نسبة الآبار التي تصل درجة التوصيل الكهربائي لمياهها إلى أكثر من (١٠ مليموز/سم) (٣%) .

ولمعرفة التوزيع المكاني والجغرافي لدرجة التوصيل الكهربائي تم توقيع الآبار ودرجات التوصيل الكهربائي على خريطة المشروع كما في الشكل رقم (٥) . ويلاحظ منه وجود بؤرة عالية الملوحة (تتراوح درجة التوصيل الكهربائي لها من ٩ إلى ١٢ مليموز/سم) في الجزء الجنوبي الشرقي من الواحة منحصرة بين قرى الفضول والظرف والجفر . وتنحسر الملوحة تدريجياً من تلك المنطقة في شكل شبه دوائر منخفضة تدريجياً في اتجاه الشمال والشرقي والغربي والشمال الغربي لتصل إلى (٤-٥ مليموز/سم) شرق مدينة الهفوف في مناطق قنوات الري (**P1G . P1C . P1E . P1H**) وأجزاء من قناة (**F7**) ، كما تمتد الملوحة أيضاً في اتجاه الشمال والشمال الشرقي مروراً بقرية العمران وشمالاً حتى نهاية قناة (**F1.1**) حيث تصل الملوحة إلى (٤-٥ مليموز/سم) . وجاءت منطقة شمال ووسط الواحة أقل المناطق ملوحة (٣ إلى ٤ مليموز/سم) ، ومما يجدر ذكره هنا أن المناطق الأقل ملوحة في شمال ووسط المشروع تطابقت مع المناطق ذات الكثافة الأعلى لسحب المياه الجوفية كمناطق (**P4 . F2 . F3 . F4 . F5**) المعروفة بالحارة والبطالية والقرين وعين منصور والشعبة وأم سبعة على التوالي مع أن منطقة بؤرة الملوحة العالية في الجنوب الشرقي ليست من المناطق التي يتركز فيها سحب المياه الجوفية .



### ٣-٢ : تركيز الأيونات الرئيسية :

ويمكن تلخيص نتائج تحاليل الأيونات الرئيسية ( الكلوريدات ، البيكربونات ، الصوديوم ، الكالسيوم ، البوتاسيوم ، والمغنسيوم ) لمياه عدد (٩٦) بئراً في الجدول رقم (٣) أدناه ، وتوضح الأشكال (من ٦ إلى ١١) التوزيع التواتري أو التكراري (**Frequency Distribution**) لكل أيون :

الأيونات	المتوسط الحسابي		
	أعلى	أدنى	الانحراف المعياري
الكلوريدات	٧٢٠	٢٨٠٦	١٨٦
البيكربونات	٢٢٢,٦٤	٣٨١	٨٨
الكالسيوم	٢١٩,٦٥	٧٣٠	٢١
الصوديوم	٤٧٧,٩١	٢٧٥٠	٢٠٠
البوتاسيوم	٢٥,٣٣	٨٨	٣
المغنسيوم	١٠١,١١	٢٩٩	١٩

جدول رقم (٣)

كما تم عمل رسومات كنتورية لتوضيح توزيع واتجاهات تغير الأيونات المختلفة جغرافياً (انظر الأشكال من رقم (١٢) إلى رقم (١٧)) ويمكن إيجاز ما تم التوصل إليه في مايلي :

📌 **الصوديوم (Na<sup>+</sup>)** : جاء أيون الصوديوم أعلى الكاتيونات تركيزاً ، حيث تراوح تركيزه من حد أدنى قدره (٢٠٠) جزء في المليون إلى حد أعلى قدره (٢٧٥٠) جزء في المليون ، بمتوسط حوالي (٤٧٨) جزء في المليون . وجاءت حوالي ٥٠% من العينات بتركيز يتراوح بين (صفر إلى ٤٠٠) جزء في المليون وحوالي ٤٢% منها بتركيز يتراوح بين (٤٠٠ إلى ٨٠٠) جزء في المليون (انظر الشكل رقم ٦) . وتوافق توزيعه واتجاه تغيره مع التوزيع العام للملحة (درجة التوصيل الكهربائي) حيث أظهر قمة عالية يصل تركيزها إلى (أكثر من ٢٣٠٠) جزء في المليون (انظر الشكل رقم ١٣) في الجنوب الشرقي من الواحة ، وقيم منخفضة نسبياً في الشمال والوسط .

📌 **الكالسيوم (Ca<sup>++</sup>)** : تراوح تركيزه بين (٢١) جزء في المليون و(٧٣٠) جزء في المليون ، بمتوسط حوالي (٢٢٠) جزء في المليون . وجاءت حوالي ٤٨% من العينات بتركيز يتراوح بين (١٠٠ إلى ٢٠٠) جزء في المليون ، وحوالي ٤٣% منها بتركيز يتراوح بين (٢٠٠ إلى ٣٠٠) جزء في المليون (انظر شكل رقم ٨) . وقد توافق توزيعه جغرافياً بتوزيع درجة التوصيل الكهربائي (**Ec**) بالواحة ، وأظهر توزيعه قمة عالية في الجنوب الشرقي وقيم منخفضة في الشمال وبعض أجزاء الوسط (انظر الشكل رقم ١٥) . ويعتبر مصدر الكالسيوم في المياه

الجوفية - من الصخور الجيرية والدلوميتية المنتشرة في المنطقة - .

﴿ المغنيسيوم ( $Mg^{++}$ ) : تراوح تركيزه من (١٩) جزء في المليون إلى (٢٩٩) جزء في المليون ، وجاء توزيعه جغرافياً مشابهاً إلى حد كبير لتوزيع الكالسيوم مما يشير إلى أن مصدرهما مشترك وهو الصخور الجيرية الدلوميتية . كما توافق توزيعه أيضاً مع توزيع الملوحة (درجة التوصيل الكهربائي) بقمة في الجنوب الشرقي وقيم أقل في الشمال والوسط (انظر الشكل رقم ١٢) .

﴿ الكلوريدات ( $Cl^-$ ) : تراوح تركيزه من (١٨٦) جزء في المليون إلى (٢٨٠٦) جزء في المليون ، بمتوسط حوالي (٧٢٠) جزء في المليون . وأظهرت معظم العينات (حوالي ٨١%) تركيزاً يتراوح بين (٥٠٠ إلى ١٠٠٠) جزء في المليون ، و ١٠% منها بتركيز يتراوح بين (صفر إلى ٥٠٠) جزء في المليون (انظر الشكل رقم ٧) . وجاء توزيعه الجغرافي متوافقاً مع توزيع الملوحة (درجة التوصيل الكهربائي) بقمة في الجنوب الشرقي وقيم أقل نسبياً في الشمال والوسط . ويشابه أيضاً في توزيعه توزيع أيون الصوديوم . ويرجع أصله في المياه الجوفية إلى وجود **EVAPORITES** والسبخات الغنية بتركيز ( $NaCl$ ) .

﴿ البيكربونات ( $HCO_3^-$ ) : تراوح تركيزه من (٨٨) جزء في المليون إلى (٣٨١) جزء في المليون وبشكل عام جاء متوافقاً في توزيعه الجغرافي مع توزيع الملوحة (درجة التوصيل الكهربائي) ، إلا أن قمته العالية جاءت منحازة إلى أقصى الجنوب الشرقي مع قيم منخفضة نسبياً في الشمال (انظر الشكل رقم ١٦) .

﴿ البوتاسيوم ( $K^+$ ) : تراوح تركيزه من (٣) جزء في المليون إلى (٨٨) جزء في المليون وجاءت معظم العينات (٧٨%) ذات تركيز يتراوح بين (٢٠ إلى ٤٠) جزء في المليون (انظر الشكل رقم ٩) . وتوافق التوزيع الجغرافي له مع توزيع درجة التوصيل الكهربائي ( $Ec$ ) (انظر الشكل رقم ١٧) .

### ٣-٣ : التغير الزماني في درجة الملوحة :

لمعرفة مدى التغير الزماني في درجة ملوحة مياه طبقة النيوجين تم مقارنة النتائج الحالية بنتائج سابقة لعدد (٣٦٣ بئراً) رصدت ملوحتها عام ١٩٨٥ م . ويبين الجدول رقم (٤) أدناه تلك المقارنة .

العام	عدد العينات (N)	المتوسط Mean	الحد الأدنى Min	الحد الأعلى Max	الانحراف المعياري STDEV	المنوال Mode	الوسيط Median
١٩٨٥ م	٣٦٣	٢,٩٢	٢,٠٠	٥,٨٠	٠,٧٢	٢,٦٠	٢,٧٠
١٩٩٩ م	٦٤٨	٤,٠٢	٢,١٧	١٢,٧٥	١,٨٣	٢,٩٣	٣,٢٧

كما تم في الشكل رقم (١٨) توقيع الآبار ودرجة التوصيل الكهربائي التي قيست لها عام ١٩٨٥ م على خريطة المشروع لمعرفة التوزيع الجغرافي لها . ومن خلال ذلك يتضح (انظر الشكلين رقم ٥ ، ١٨) أن درجة ملوحة

المياه الجوفية بطبقة النيوجين بواحة الأحساء قد ارتفعت بشكل ملحوظ خلال الفترة من عام ١٩٨٥م وحتى عام ١٩٩٩م ، حيث زاد متوسط درجة الملوحة بمعدل (٣٨%) وزاد الحد الأعلى زيادة كبيرة قدرها (١٢٠%) ، كما زاد الحد الأدنى بحوالي (٢%) .

وقد توافقت هذه الزيادة في ملوحة المياه الجوفية بين عامي (٨٥م ، ٩٩م) مع الزيادة المطردة في السحب من تكوين النيوجين ، حيث يعتقد بأن كمية السحب ارتفعت في عام ٩٩م بحوالي (٣٠%) عن مستواها في عام ١٩٨٥م علماً بأن معدل السحب الآمن والمتوازن للتكوين البالغ حوالي (٣١٠م<sup>٣</sup>/ث) قد تم تجاوزه بحوالي (٢٠%) في عام ١٩٨٥م وبحوالي (٥٠%) في عام ١٩٩٩م .

### ٣-٤ : مناقشة النتائج :

أظهرت نتائج درجة التوصيل الكهربائي (**Ec**) وتركيز الأيونات الرئيسية لمياه الآبار بعد تحليلها إحصائياً وعمل الرسومات الكنتورية لها ومقارنة النتائج الحالية بنتائج سابقة (عام ٨٥م) أن ملوحة المياه الجوفية لتكوين النيوجين بواحة الأحساء تواجه ارتفاعاً مستمراً ، حيث ارتفع متوسط درجة الملوحة (**Ec**) خلال الـ ١٤ عاماً المنصرمة بحوالي (٣٨%) ، كما ارتفع كل من الحد الأدنى والأعلى لها بحوالي (٢% و ١٢٠%) على التوالي . وتبين من التوزيع الجغرافي لدرجة الملوحة وتركيز الأيونات الرئيسية وجود منطقة عالية الملوحة في الجزء الجنوبي الشرقي من الواحة تتراوح درجة التوصيل الكهربائي فيها من (٩ إلى ١٢ مليموز/سم) وتصل فيها درجة تركيز الصوديوم إلى ( < ٢٣٠٠ جزء في المليون) والكلوريدات إلى ( < ٢٤٠٠ جزء في المليون) . ومن ذلك نستطيع القول أنه يمكن التعرف على اتجاهين (**TRENDS**) للارتفاع المستمر في درجة ملوحة طبقة النيوجين هما :

**أولاً** ارتفاع كبير ومتسارع في الجزء الجنوبي الشرقي من الواحة ارتفع فيه معدل الملوحة (**Ec**) من (٤-٥ مليموز/سم) في عام ٨٥م إلى (٩-١٢ مليموز/سم) في عام ٩٩م انظر الشكلين المرفقين رقم (٥ ، ١٨) . بحيث أصبحت مياه كثير من الآبار في ذلك الجزء غير صالحة للاستخدام الزراعي . ويتوقع - إذا لم تتخذ الإجراءات الكفيلة بالحد من هذا الارتفاع المتسارع - أن تتسع دائرة التملح لتشمل مساحة أكبر مما قد يهدد بتحويل مجمل مياه الطبقة إلى مياه عالية الملوحة غير صالحة للري .

وبالرغم من أن هذا الارتفاع الكبير في الملوحة ينسجم مع الزيادة في كمية السحب العام من تكوين النيوجين الذي زاد بما لا يقل عن ٣٠% مقارنة بمستوى السحب عام ٨٥م ، إلا أن ظهور بؤرة عالية من الملوحة في الجزء الجنوبي الشرقي وهي منطقة ليس بها كثافة ضخ ، في حين تميزت مناطق الضخ الكثيف في وسط وشمال الواحة بأقل ملوحة ، يشير إلى وجود مصدر للتملح إلى الجنوب من منطقة الملوحة المرتفعة . ويعتقد بأن يكون تسرب مياه الصرف الزراعي عالية الملوحة إلى المياه الجوفية من منطقة الغوية الزراعية (خط قطر) المتاخمة للمنطقة

المذكورة من جهة الجنوب له أثر كبير في تركيز الملوحة وارتفاعها المستمر جنوب شرق الواحة . ومما يرجح ذلك الآتي :

(أ) : عدم وجود نظام صرف للتخلص من فائض مياه ري المزارع بمنطقة الغوية وهي منطقة زراعية كبيرة حديثة الاستصلاح نسبياً ، علماً بأن وزارة الزراعة والمياه سبق أن أجرت دراسة جدوى لإنشاء شبكة صرف لتلك المنطقة (دراسة شركة هارزا عام ١٩٨٣ م ) إلا أن شبكة الصرف لم تنفذ . ويقوم المزارعون هناك إما بتجميع مياه الصرف الزراعي في أجزاء منخفضة وتركها للتبخّر أو حفر آبار سطحية أو استخدام آبارهم المحفورة على تكوين النيوجين التي هجروها لرمي مخلفات مزارعهم .

(ب) : من المعروف أن مياه آبار النيوجين في منطقة الغوية قد تملحت مياهها منذ فترة ولم يعد أغلبها يصلح للري وسجلت في بعض الآبار التي لازالت تعمل درجة ملوحة وصلت إلى حوالي ( ٢٠ مليموز/سم) (تعمد معظم المزارع على تكويني الخبر وأم الرضمة) .

(ج) : تقع منطقة الغوية بالقرب من عدد من السبخات منها السبخة الواقعة شرق جبل دخنة وسبخة مطيوي جنوب شرق جبل الأربع ، وتعتبر تربتها غنية بالجبس والمارل .

(د) : يستبعد أن يكون سبب ارتفاع ملوحة مياه تكوين النيوجين جنوب شرق الواحة راجع إلى زحف مياه البحر من شواطئ الخليج العربي وتداخلها مع المياه الجوفية ، وذلك نظراً لبعدها المسافة نسبياً عن البحر (٧٠ كلم من الجزء الجنوبي الشرقي من الواحة) كما أن تداخل مياه البحر مع المياه الجوفية لم يتأكد في مناطق أخرى أكثر قرباً من الخليج كمنطقة القطيف (رشيد الدين ، ١٠) .

(هـ) : لا يوجد في واحة الأحساء اتصال بين تكوين النيوجين والتكوينات الواقعة تحته (الدمام وأم الرضمة) ، حيث تفصل النيوجين عن الدمام طبقة عازلة هي (Alat marl). ويؤكد ذلك كون مناسيب المياه في التكوينات الثلاث متباينة جداً . إضافة إلى ذلك فإن مياه تكويني الدمام وأم الرضمة أقل ملوحة من مياه تكوين النيوجين بالواحة .

(و) : في غياب وجود نظام صرف ، فقد أتاح الانخفاض الكبير في مناسيب المياه ظروفاً هيدرولوجية مناسبة لزيادة معدلات تسرب مياه الصرف الزراعي والمياه الأرضية عالية الملوحة إلى المياه الجوفية وخاصة من خلال الآبار التي حفرت أخيراً من قبل الأهالي - مختربة الطبقة الصماء (Hard Pan) - دون دراسة أو إشراف فني .

(ز) : لا توجد ظواهر جيولوجية (Structural) كالانكسارات أو الطيات شرق أو جنوب شرق الأحساء يمكن أن تؤثر على سريان المياه الجوفية وتؤدي إلى تركيز الملوحة وارتفاعها هناك . إلا أن ضعف نفاذية الطبقة مقارنة بشمال ووسط الواحة ووجود حاجز لثولوجي من الصخور ضعيفة النفاذية شرق واحة الأحساء (انظر الشكل رقم ١٩) يساعد في تركيز الملوحة ويبطئ عملية حملها بعيداً عن منطقة جنوب شرق الواحة .

**ثانياً** الارتفاع التدريجي للملوحة مياه تكوين النيوجين الذي شمل الأجزاء الأخرى من الواحة بدرجات متفاوتة أقلها في منطقة الضخ الكثيف في وسط وشمال الواحة . ويمكن أن يكون سبب تفاوت معدلات ارتفاع درجة الملوحة وتميز منطقة الضخ الكثيف في وسط وشمال الواحة بأقل درجة ملوحة راجع إلى تفاوت خاصيتي النفاذية والناقلية التي تكون عالية في وسط وشمال الواحة مما يتيح زيادة معدلات التدفق الجانبي الواصل لها من مناطق التغذية إلى الغرب والجنوب الغربي من الأحساء وبالتالي يقلل من درجة الملوحة في تلك المنطقة . وبالرغم من وجود بعض الممارسات السلبية التي تؤدي إلى زيادة درجة ملوحة المياه الجوفية مثل حفر عدد كبير من الآبار من قبل الأهالي تخترق الطبقة الصماء وذلك دون دراية فنية ودون مراعاة لحجب الطبقات بعضها عن الآخر ، فإن وجود شبكة للصرف الزراعي تحظى بالعناية والصيانة المستمرة من مشروع الري والصرف بالأحساء ، وتخدم جميع مناطق الواحة (ماعدا منطقة الغوية) له أثر فعال في نقل مياه الصرف الزراعي (ونواتج محطات معالجة مياه الصرف الصحي أيضاً) إلى خارج الواحة وحماية المياه الجوفية منها .

### ٣-٥ : خلاصة النتائج :

تبين من النتائج وجود ارتفاع ملحوظ في درجة ملوحة المياه الجوفية في تكوين النيوجين بواحة الأحساء بصفة عامة وتركزت الملوحة بشكل خاص في الأجزاء الجنوبية الشرقية ( الجفر - الفضول - الطرف . . ) ويرجع السبب الرئيسي في ذلك إلى وصول مياه الري عالية الملوحة من منطقة الغوية المتاخمة - الحديثة الاستصلاح والتي لا توجد فيها مصارف - إلى الطبقة وزيادة ملوحتها ، كما أن زيادة السحب بكمية فاقت بكثير السحب الآمن للمياه الجوفية والانخفاض الكبير في مناسيب المياه ، إضافة إلى استحداث عدد كبير من الآبار وخرقها للطبقة الصماء ساعد في خلق ظروف مناسبة لزيادة الملوحة انتشارها في عموم طبقة النيوجين بواحة الأحساء .

### ٤ : التوصيات :

- ١ - ضرورة إيجاد حل لمشكلة الصرف الزراعي بمنطقة الغوية ، إما بتنفيذ مشروع الصرف الذي سبق أن أجرت وزارة الزراعة دراسة له عام ١٩٨٣ م (دراسة شركة هارزا) ولم ينفذ حتى الآن إذا توفرت الجدوى الاقتصادية من تنفيذه ، أو بدراسة مدى إمكانية نقل الاستثمار الزراعي المتعثر في هذه المنطقة بسبب أوضاع المياه بها ومشاكل التربة المتأثرة بسوء الصرف إلى مناطق استثمار ذات جدوى خارج نطاق مربع التأثير على مصادر المياه الذي حددته الوزارة .
- ٢ - تطبيق بعض الإجراءات التي تساهم في تقليل استنزاف مياه تكوين النيوجين ، مثل الإسراع في تطبيق خطة الوزارة لتركيبة العدادات ، وسائل الترشيد المختلفة ، تطوير نظم الري . . . إلخ .

- ٣- ردم الآبار الغير صالحة للاستخدام ومنع استخدامها في تصريف فائض المزارع .
- ٤- دراسة الاحتياج العام من المياه لأغراض الزراعة والشرب بالمحافظة وتأمين ما يفوق إمكانات السحب الآمن من خارج منطقة التأثير على المصادر الجوفية المحلية .
- ٥- توظيف الإمكانيات المائية المتاحة من مياه الصرف الصحي المنقاة بعد المعالجة الثلاثية في إطار استراتيجية الوزارة في ذلك بالإسراع في مشروع تطوير محطة معالجة مياه الصرف الصحي للهفوف والمبرز الجاري العمل فيه ومشروع إضافة المرحلة الأولى من المعالجة الثلاثية للمحطة للاستعانة بتلك المياه في سد جزء من احتياج القطاع الزراعي ومن ثم تقليل السحب من المياه الجوفية . ولتوفير كامل احتياجات القطاع الزراعي مستقبلاً فإن الأمر يتطلب إيصال مياه الصرف الصحي المنقاة من منطقتي الخبر والدمام إلى قنوات المشروع بالأحساء ( سبق أن أجرت الوزارة دراسة لجدوى ذلك قام بها مكتب الخدمات الاستشارية السعودي عام ١٤١٣ هـ ) .

## ٥ : المراجع :

### أ- المراجع العربية :

- ١- بيانات وتقارير عن مصادر المياه المستغلة للري - قسم المياه والتربة - هيئة الري والصرف .
- ٢- الخطيب ، عبدالباسط (١٩٨٠م) كتاب "سبع سنابل" وزارة الزراعة والمياه - المملكة العربية السعودية .
- ٣- عثمان مصطفى نوري (١٩٨٣م) ، كتاب " الماء ومسيرة التنمية في المملكة العربية السعودية " طبعة تامة جدة .
- ٤- الحمين ، عبدالله عبدالرحمن وحسين عامر حمد (١٩٨٧م) " انخفاض مناسيب الماء وتوقف التدفق الطبيعي في جميع عيون الأحساء " إدارة تنمية موارد المياه - وزارة الزراعة والمياه .
- ٥- الطاهر ، عبدالله أحمد ١٤١٩هـ - كتاب " الأحساء دراسة جغرافية " جامعة الملك سعود - الرياض .
- ٦- د/ حسام الدين محمد مغازي و د/ أحمد عبدالله الشوشان " دراسة مشكلة ازدياد ملوحة مياه آبار منطقة القصيم " مؤتمر الخليج الرابع للمياه - البحرين ١٩٩٩م .

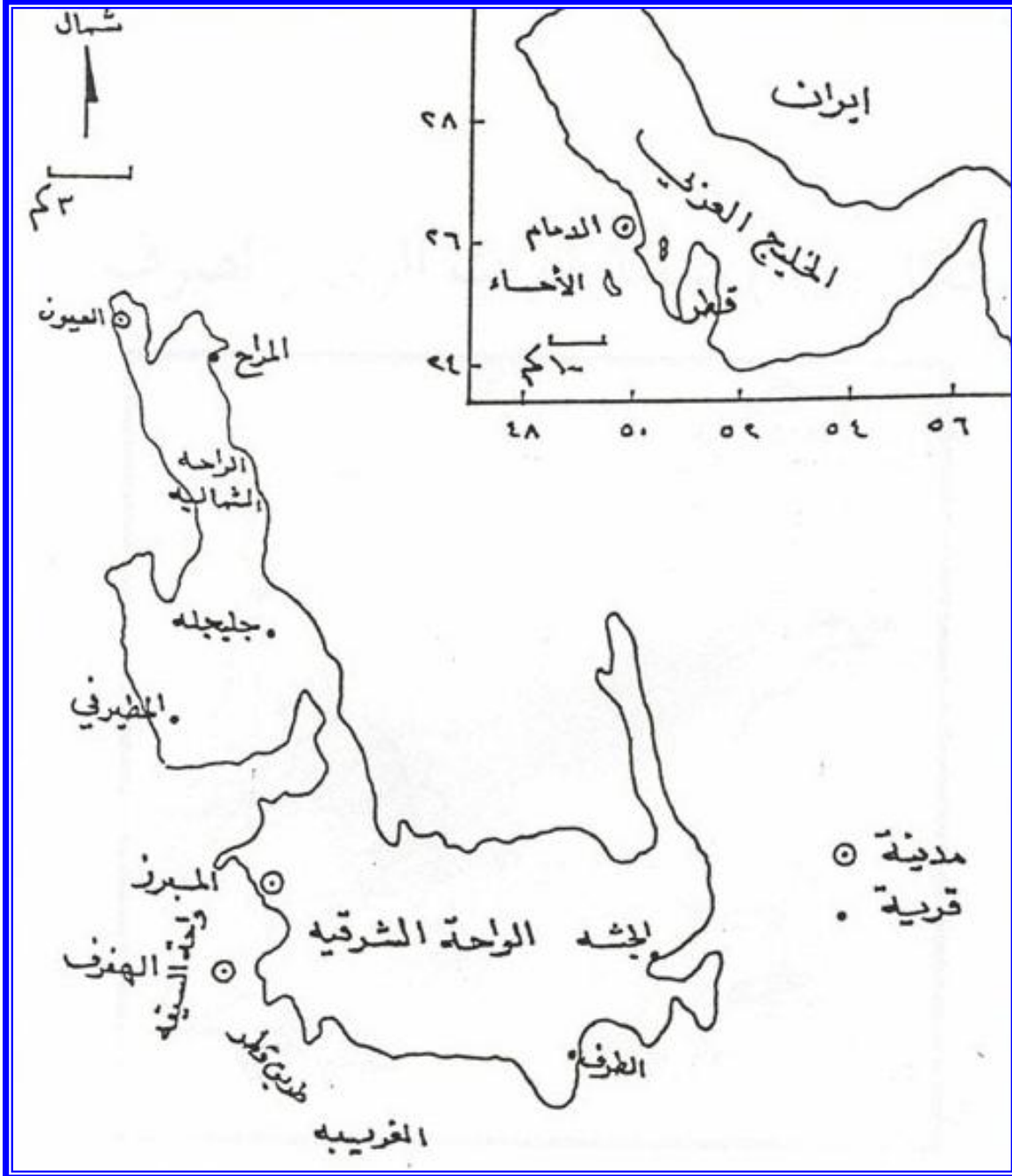
### ب- المراجع الأجنبية :

- 7- Bureau De Recherches Geologiques Et Minieres (B.R.G.M),1977(Al-Hassa Development Project :- Groundwater Resources Study &Management Program) Unpublished Report to the Ministry of Agriculture &Water.
- 8-Leichtweiss Institute Research team, 1977 (The water potential of Al -Hassa Oasis). Publication No.38.
- 9-Zubari,Waleed,K;Al-Khater,A..R.;Al-Junaid,S.,S;Al-Noaimi,M,A.1997(Spatial andTemporal trends in groundwater salinity in Bahrain).The Arabian Journal for science&Engineering Vol.32,number1c, King Fahad university of petroleum &minerals,Dahran,Saudia Arabia .
- 10-Rasheeduddin,M.,1990 (A Groundwater resources development study of a regional Arid Zone Multi -Aquifer system, Eastern Province , Saudi Arabia .

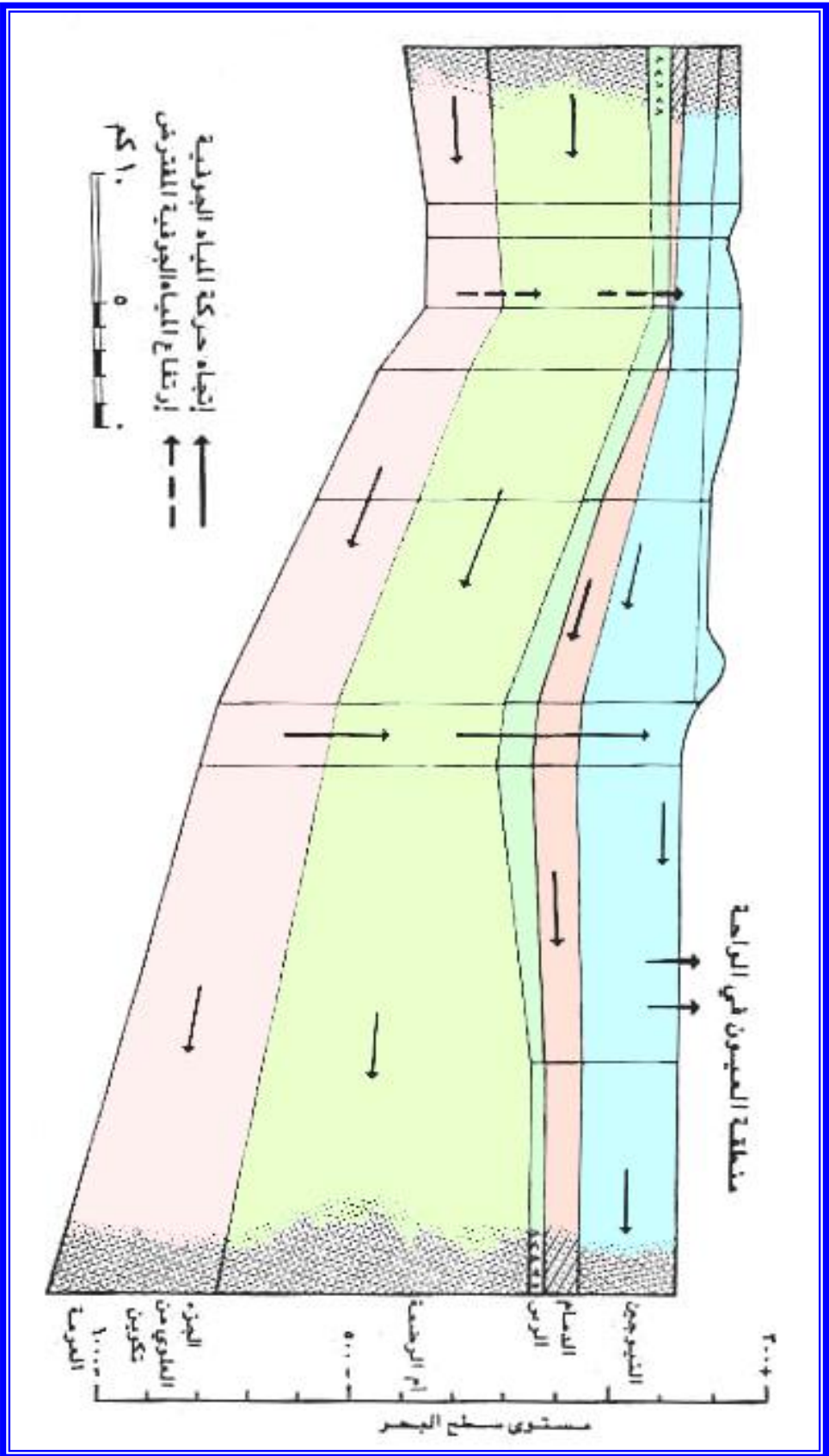
ملحق الأشغال

والرسومات البيانية





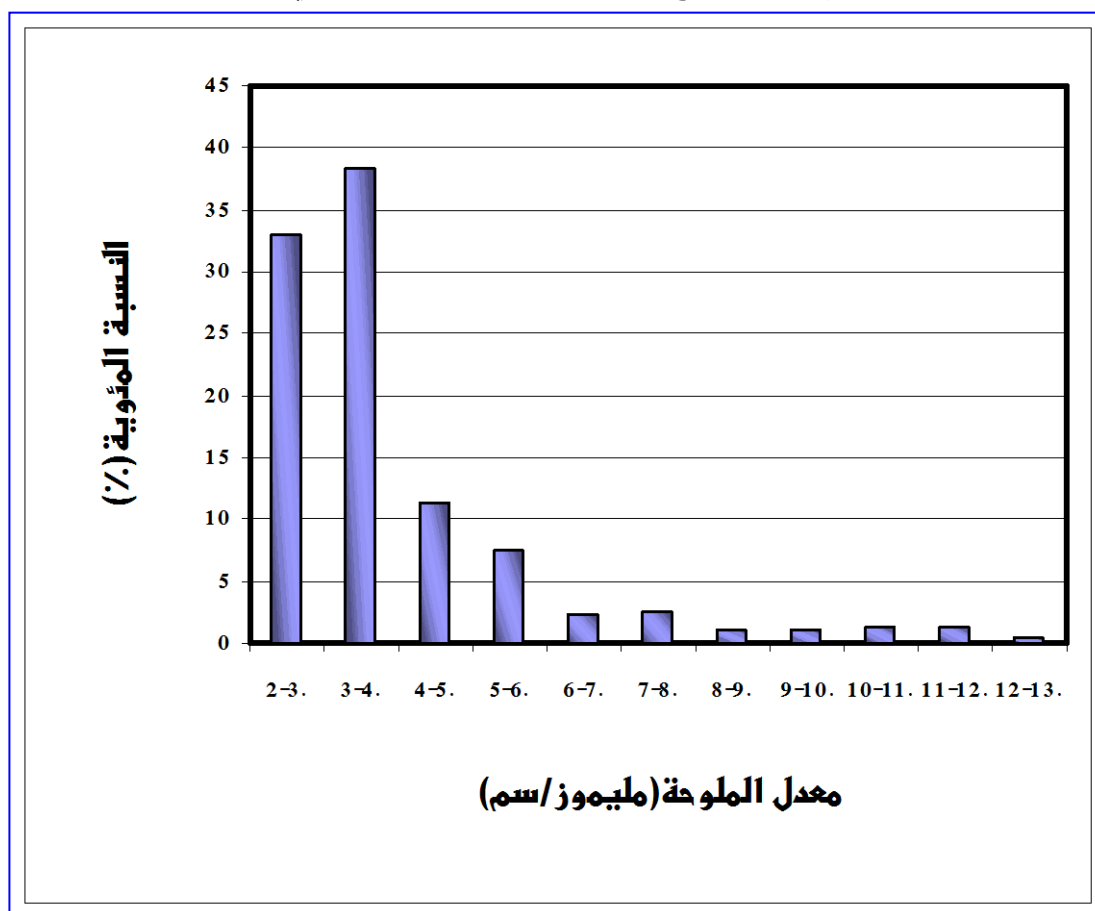
شكل (١) : خريطة الأحساء .

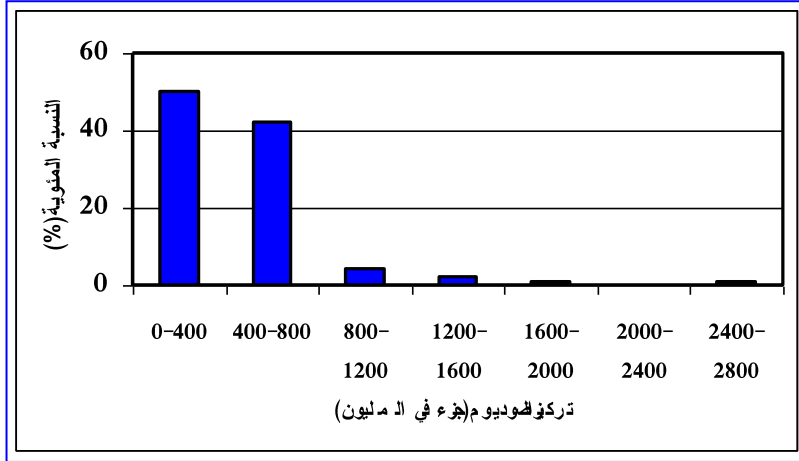


شكل رقم (٢) : جيولوجية المنطقة (تتابع التكاوين) .

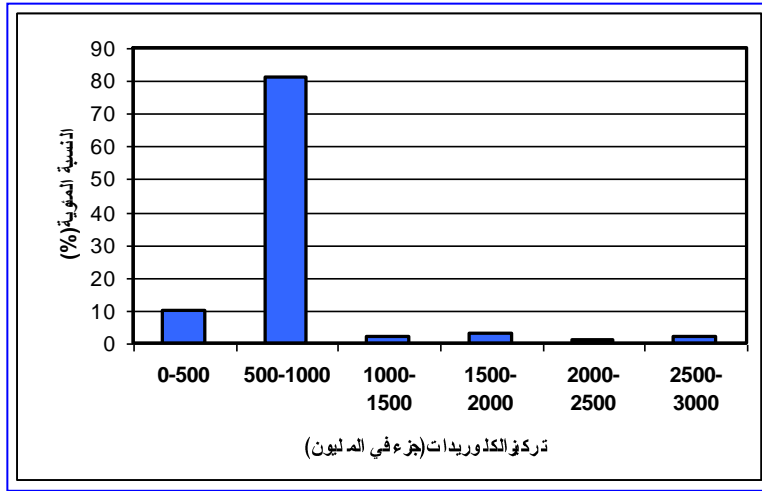


شكل رقم (٤) : التوزيع التكراري لدرجة التوصيل الكهربائي ( $E_c$ ) .

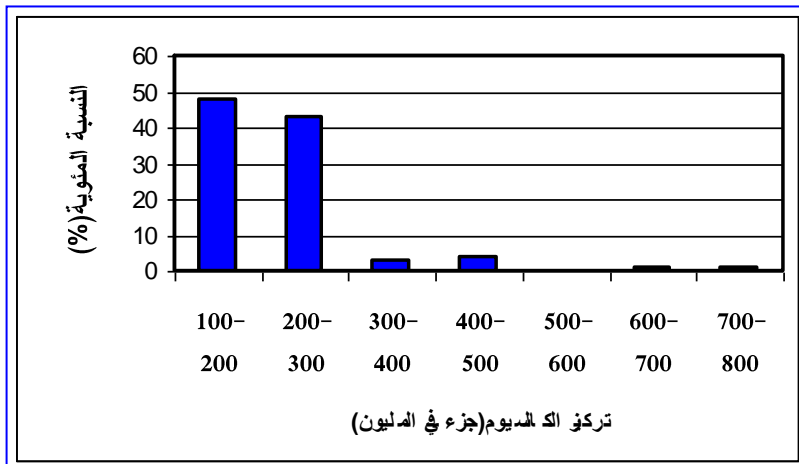




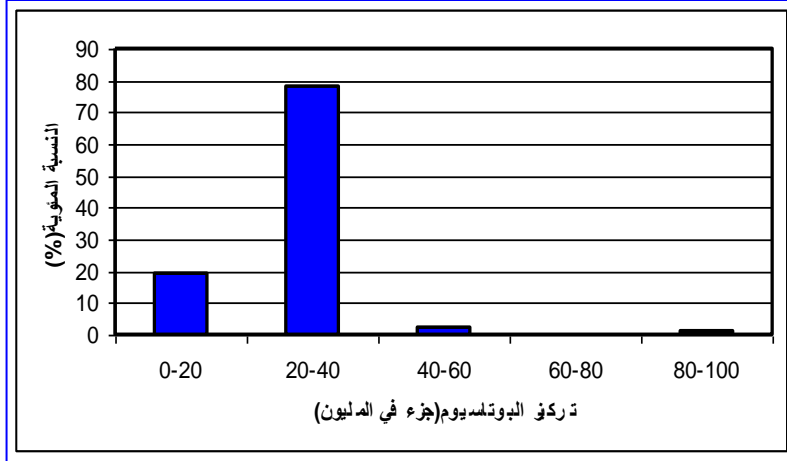
شكل رقم (٦) : التوزيع التكراري لتركيز الكبريت .



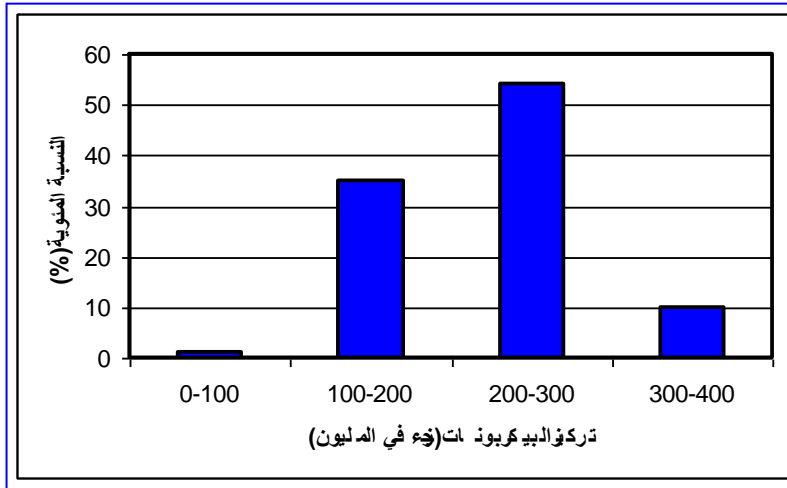
شكل رقم (٧) : التوزيع التكراري لتركيز الكلور .



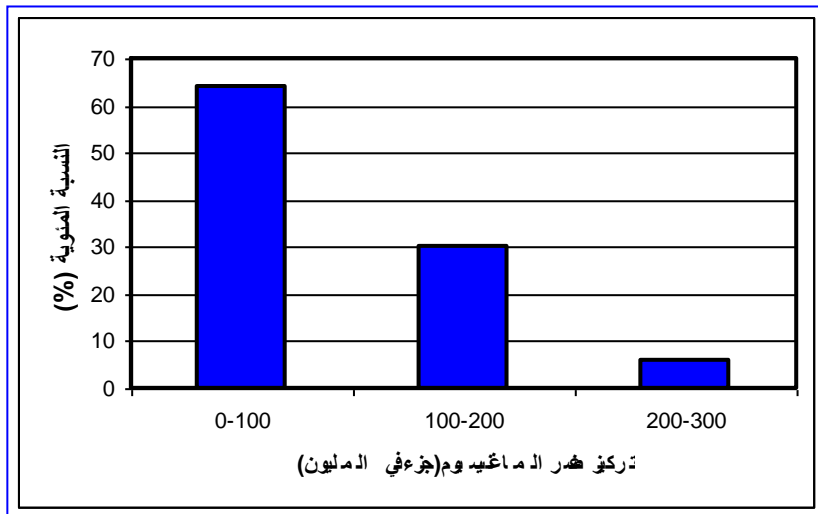
شكل رقم (٨) : التوزيع التكراري لتركيز الكالسيوم .



شكل رقم (٩) : التوزيع التكراري لتركيز البوتاسيوم .



شكل رقم (١٠) : التوزيع التكراري لتركيز الكالسيوم .



شكل رقم (١١) : التوزيع التكراري لتركيز المغنيسيوم .