مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (31) العدد (1) 2009
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (31) No. (1) 2009

العلاقة بين كيميائية المياه الجوفية والضخ الجائر في واحة الأحساء– الخليج العربي

الدكتور فواز الأزكي*

(تاريخ الإيداع 23 / 10 / 2008. قُبِل للنشر في 2009/5/4)

□ الملخّص □

أثبتت نتائج التحليل الهيدروكيميائي التي أجريتها على عينات من ثلاثين بئرا مسبورا"في تشكيلة النيوجين الحاملة للمياه في إحدى المناطق الجافة حقيقة العلاقة الطردية بين ازدياد ملوحة المياه وازدياد الناقلية الكهربائية لها. بالإضافة للتوصل إلى التناسب الطردي بين انخفاض المنسوب الهيدروستاتيكي لمياه الآبار، نتيجة الضخ الجائر ، و ازدياد ملوحة مياهها نتيجة رفد الحامل المائي بمياه الصرف الزراعي، والاستنتاج ينذر بالخطر الحقيقي على احتياطي المياه الجوفية كما" ونوعا"، والتوصية هي العمل على إيجاد الحلول الجادة للحد من هذه الظاهرة والمتمثلة بوقف استنزاف المياه من الآبار بالتزامن مع البحث عن مصادر مياه بديلة.

الكلمات المفتاحية: هيدروكيمياء، نيوجين، ملوحة، مياه جوفية.

* مدرس – قسم الجيولوجيا–كلية العلوم–جامعة تشرين–اللاذقية –سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (31) العدد (1) 2009
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (31) No. (1) 2009

Relation between Chemistry of Underground Water and Extreme Pumping in Alhassa Oasis-Arabian Gulf

Dr. Fawaz Azki*

(Received 23 / 10 / 2008. Accepted 4/5/2009)

□ ABSTRACT □

This research has been conducted on thirty wells. The major finding is the fact of direct proportionality between increasing of water salinity and increasing of electrical conductivity. Furthermore, there is a direct proportionality between decreasing of water level in wells because of extreme pumping and increasing of water salinity because of agriculture drainage. Therefore, the research highlights the real danger on underground water reserve quantitatively and qualitatively.

The situation requires serious solutions to limit this phenomenon. One of these accepted solutions is to stop water exhaustion from wells in addition to executing research for having substitute water sources.

Keywords: Hydrochemistry, Neogen, Salinity, Ground water.

*Assistant Prof, department of geology, faculty of sciences, Tishreen university, Lattakia, Syria.

مقدمة:

مسألة المياه الطبيعية كانت ومازالت ظاهرة لها أولوياتها أمام البشرية، وقد حلت بأشكال مختلفة عبر مراحل تطور المجتمعات، فالماء هو مصدر الحياة على سطح الأرض، وهو جزء من أنسجة الكائنات الحية النباتية والحيوانية.

في عصرنا الراهن يتميز ما يزيد على 50% من مساحة سطح الأرض بعدم كفاية أو انعدام الموارد المائية العذبة. فمجمع صناعي حديث أو محطة كهربائية حرارية متوسطة القدرة تصرف سنويا 25مليار متر مكعب من الماء، أما سكان العالم فيستخدمون ما يزيد على مليار متر مكعب في اليوم من مياه الشرب ومياه الصناعة ، تصل نسبة ما يؤخذ من المياه الجوفية 30% [1]

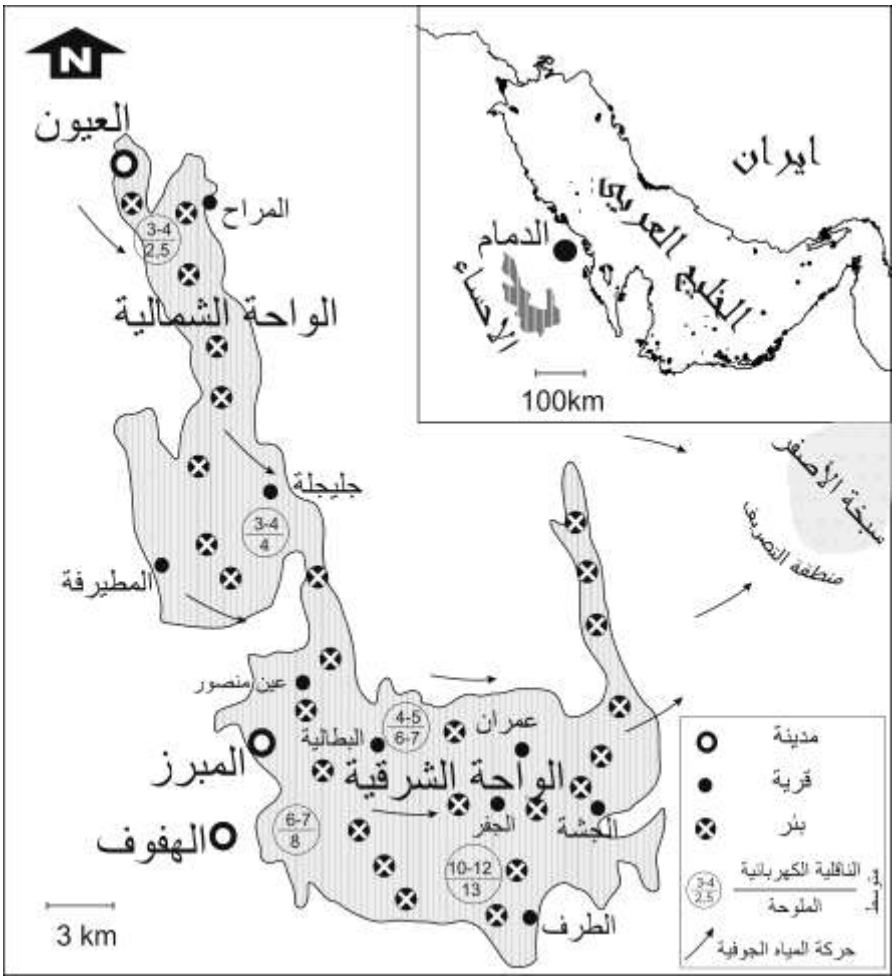
من هنا يأتي الاهتمام العلمي والعالمي الكبير بنوعية المياه الجوفية وصلاحيتها للشرب كماء عذب، وبالتالي مراقبة خصائص المياه الفيزيائية والكيميائية عبر الزمن، من أجل الكشف المبكر عن تلوث المياه وإيجاد الحلول العلمية لدرء خطر التلوث، ولعل من أكثر عوامل التلوث هي الملوحة الناتجة عن مياه الصرف الزراعي. العلاقة الطردية بين ملوحة المياه الجوفية والسحب الجائر لها، يقود إلى استنباط طرق علمية مجدية للحفاظ على منسوبها ونوعيتها.

أهمية البحث وأهدافه:

قد يكون البحث العلمي عن نوعية المياه الجوفية له الأهمية الخاصة بالنسبة لجميع مناطق العالم، لكن الأهمية تصبح حيوية بالنسبة للمناطق الجافة وشبه الجافة، بسبب ندرة الهطولات والحاجة الأساس للحفاظ على المياه المتوفرة في طبقات الأرض كما" ونوعا".من هنا تأتي أهمية هذا البحث الذي أجريته في منطقة الأحساء شرق السعودية.ويهدف البحث إلى رصد ملوحة المياه الجوفية في تشكيلة النيوجين عام 2006م(التي تقع فوق تشكيلة الدمام الكربوناتية وأسفلها تشكيلة الرس شبه الكتيمة)، وتقصي أسباب ظاهرة تزايد الملوحة من خلال المسح الهيدروكيميائي لثلاثين بئرا" إنتاجيا" داخل نطاق واحة الأحساء الواقعة ضمن نطاق مشروع الري والصرف، حيث قمت بأخذ عينات المياه و تحليلها كيميائيا" وتحديد درجة الناقلية الكهربائية، بعد أن قمت بالرجوع إلى بيانات سابقة للتوصل إلى رصد التغير الزماني في ملوحة مياه تشكيلة النيوجين و معدلات هذا التغير مع تغير مناسيب المياه في الآبار، ومن ثم التوصل إلى الاقتراحات والتوصيات الواجب اتخاذها مستقبلا" للحد من هذه الظاهرة.

طريقة البحث ومواده:

قمت خلال عام 2006م بإجراء مسح هيدروكيميائي للمياه الجوفية في تشكيلة النيوجين في منطقة تمثل 65% من مساحة واحة الإحساء البالغة حوالي 500كم2، حيث أخذت عينات الماء من ثلاثين بئرا" موزعة في مزارع تروى من مياه الصرف الزراعي، ممثلة لكامل منطقة البحث، والموزعة بأماكنها ضمن منطقة البحث في الشكل(1) والمنوه إليها بالإشارة x، بعد أن قمت بتشغيل كل بئر 72 ساعة قبل أخذ العينة، مع قياس مناسيبها قبل و بعد الضخ. ويوضح الشكل(1) خارطة منطقة البحث.



الشكل(1): خارطة منطقة البحث [2].

جيولوجية وهيدروجيولوجية منطقة البحث:

تنتمي واحة الأحساء إلى المنطقة الشرقية في السعودية، وهي في وسط الحوض الرسوبي الكبير المعروف بالرف العربي (Arabian shelf) الذي يتكون من الطبقات الرسوبية(الرملية،الكلسية،الطينية، الدولوميتية) والتي ترسبت خلال فترات جيولوجية متعاقبة بدءا" من دور الكامبري إلى دور النيوجين. وتميل طبقات هذا الحوض الرسوبي– الذي يحتوي على مصادر النفط ومصادر المياه– ميلا" تدريجيا"باتجاه الشرق نحو الخليج العربي.وتعتبر مياه الأمطار الموسمية والقليلة المصدر الرئيسي لتغذية الحامل الجوفي في منطقة البحث، أما مناطق التصريف فهي منخفضات شرق الواحة تحولت إلى سبخات نتيجة شدة التبخر صيفا.

ولقد تم تصنيف التشكيلات الجيولوجية في منطقة الأحساء من الأسفل إلى الأعلى بالشكل التالي، انظر الشكل (2):

1) تشكيلة أم الرضمة:

تعود إلى الباليوسين، وتتكون من الحجر الكلسي والدولوميتي، وتتميز بوفرة الشقوق والكهوف الكارستية. وتبدأ التشكيلة من عمق 280م حتى 300م من سطح الأرض، وهي ذات إنتاجية عالية من المياه الجوفية خاصة فوق محدب الغوار غرب الأحساء، وفي منطقة جنوب غرب الهفوف، ويتم استغلال هذه التشكيلة من خلال العدد

الكبير من الآبار للاستخدام الزراعي، وتساهم مياه تشكيلة أم الرضمة في تغذية عيون الأحساء بالتسرب إلى الأعلى في منطقة محدب الغوار غرب الأحساء.وبسبب غنى المنطقة بالعيون المتدفقة تلقائيا" إلى السطح قديما" تم اقتباس اسم الأحساء وهي جمع لكلمة حسي–بكسر الحاء وسكون السين– وتعني الماء الذي يتسرب عبر الرمل ويحجز في الصخور الخازنة.[3]

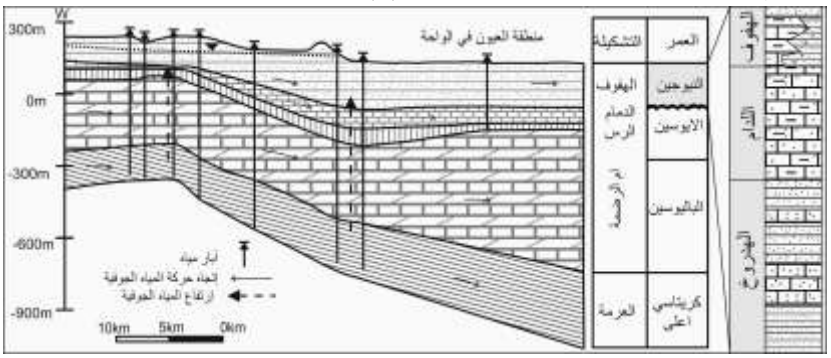
2) تشكيلة الدمام:

تعود إلى الأيوسين الأوسط، وتفصلها عن تشكيلة أم الرضمة طبقة الرس شبه الكتيمة، وتتكون تشكيلة الدمام من الحجر الكلسي والحجر الدولوميتي. وتبدأ من عمق 180–200م إلى 230–250م من سطح الأرض[4]. ونظرا"لقلة سماكتها وصغر مساحة تكشفها فإنها ذات إنتاجية مائية محدودة، أما نوعية المياه فتعتبر جيدة نسبيا" فهي تستغل لأغراض الشرب في قرى الأحساء.

3) تشكيلة النيوجين:

تعود إلى الميوسين والبليوسين و تتوضع فوق تشكيلة الدمام بعدم توافق ترسيبي،وتعتبر حامل مائي مفتوح، وتتكون من تحت تشكيلات الهدروخ، اللدام، الهفوف. وأهمها اللدام الذي يغذي عيون الأحساء، ويليه الهدروخ. ويعتبر اللدام والهدروخ وحدة هيدروجيولوجية واحدة، لعدم وجود طبقات كتيمة بينها. ويتكون اللدام من حجر كلسي متشقق تكثر فيه الكهوف والممرات المائية، الأمر الذي جعله ذا إنتاجية عالية في مناطق العيون. أما الهدروخ المتكون من الحجر الكلسي والطين والرمال الناعمة فهو ذو إنتاجية جيدة في الأجزاء الشمالية والشمالية الشرقية من واحة الأحساء [5] انظر الشكل (2).

حيث اتجاه المقطع من الغرب إلى الشرق، وموقعه من مدينة المبرز غربا حتى بلدة الجشة شرقا،والمرقمة بشكل متسلسل من رقم 1 غربا حتى 26 شرقا، على الشكل(1).



الشكل(2): التشكيلات الهيدروجيولوجية لمنطقة البحث [3] والعمود الليتولوجي لتشكيلات النيوجين.

النتائج والمناقشة:

لدى تحليل العينات من الآبار الثلاثين المختارة خلال سنة 2006م، اليوم الخامس عشر من كل شهر (من 2006/1/15م حتى 2006/12/15م)، في مختبر هيئة الري والصرف في الأحساء. توصلت إلى تحديد درجة الناقلية الكهربائية، وأجريت التحليل الكيميائي لغاية تحديد تركيز الشوارد الأساسية (بالجزء في المليون) وهي: البيكربونات والبوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم والكلوريدات والماغنيزيوم.

حيث أجريت تحاليل تركيز البوتاسيوم والصوديوم باستخدام جهاز:

FLAME PHOTOMETER والماغنيزيوم والكالسيوم بالمعايرة بطريقة: EDTA

كما أجريت تحاليل الكربونات والبيكربونات بالمعايرة بحمض الكبريت: H2SO4 والكلوريدات بالمعايرة بنترات الفضة: AgNO3 وعند المعالجة الإحصائية لنتائج درجة الناقلية الكهربائية لمياه الآبار وعددها ثلاثين بئرا" توصلت إلى الجدول(1) التالي:

الجدول(1) متوسط الناقلية الكهربائية لمياه الآبار

عدد العينات N	المتوسط مليموز/سم	الحد الأدنى مليموز/سم	الحد الأعلى مليموز/سم
360	4,15	2,23	12,87

نلاحظ أن درجات الناقلية الكهربائية تراوحت بين حد أدنى قدره 2,23مليموز/سم و حد أعلى قدره 12,87مليموز/سم، وبلغ المتوسط 4,15مليموز/سم.

ولقد كان التوزيع متواترا" لنتائج الناقلية الكهربائية لمياه الآبار، حيث تبين أن 11بئرا"(37% من الآبار)، كانت ذات درجة ناقلية منخفضة نسبيا"(أقل من 3 مليموز/سم)، و جاءت النسبة الأكبر من الآبار 13 بئرا" (43%) ، بدرجة ناقلية كهربائية من 3 إلى 4 مليموز/سم. وبلغت نسبة الآبار التي تصل درجة الناقلية الكهربائية لمياهها أكثر من 10مليموز/سم نسبة 7%. ولقد لاحظت وجود بؤرة عالية الملوحة (تتراوح درجة الناقلية الكهربائية لها من 10إلى 12 مليموز/سم) في الجزء الجنوبي الشرقي من واحة الأحساء، منحصرة بين قرى الفضول والطرف والجفر (المناطق التي تكثر فيها مزارع النخيل و قنوات الصرف الزراعي). وتنحسر الملوحة تدريجيا من تلك المنطقة في اتجاه الشمال والغرب والشمال الغربي، لتصل إلى 4–5مليموز/سم، شرق مدينة الهفوف. كما تمتد الملوحة أيضا" في اتجاه الشمال والشمال الشرقي مرورا" شرق قرية العمران ، حيث تصل الملوحة إلى 4–5مليموز/سم. وجاءت منطقة شمال ووسط الواحة أقل المناطق ملوحة 3–4مليموز/سم.

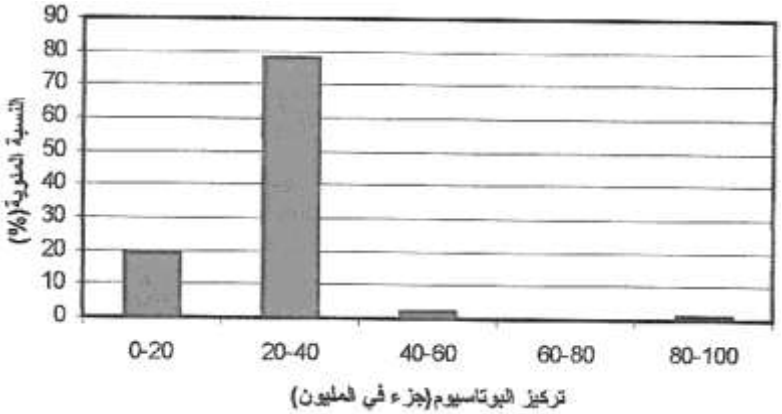
ولقد لاحظت أن المناطق الأقل ملوحة في شمال ووسط منطقة الدراسة تطابقت مع المناطق ذات الضخ الأخفض للمياه الجوفية، في مناطق الحارة والبطالية و عين منصور(المناطق التي تقل فيها مزارع النخيل وقنوات الصرف الزراعي). ولقد بينت نتائج تحليل الشوارد الرئيسية القيم التالية وفق الجدول(2):

الجدول(2):نتائج تحليل الشوارد الرئيسية

الشوارد	المتوسط الحسابي جزء في المليون	الحد الأعلى جزء في المليون	الحد الأدنى جزء في المليون
البوتاسيوم	25,01	91	4
البيكربونات	221,75	383	84
الصوديوم	479,11	2747	197
الكالسيوم	218,03	733	22
الكلوريدات	718	2807	185
الماغنزيوم	99	300	20

البوتاسيوم(+K):

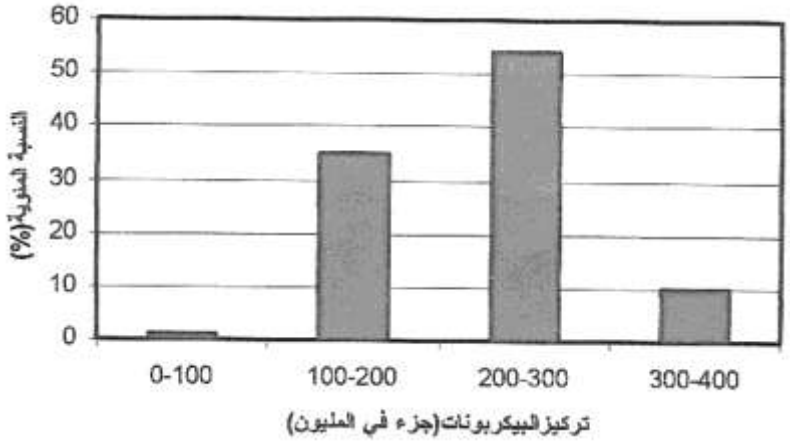
لقد تراوح تركيزه 4–91 وبمتوسط 25,1جزء في المليون، وكانت أغلب العينات 78% ذات تركيز يتراوح 20–40جزء في المليون. انظر الشكل(3) وتوافق التوزيع الجغرافي له مع توزع درجة الناقلية الكهربائية(Ec).



الشكل(3):توزع تركيز البوتاسيوم بالنسبة لعدد العينات

البيكربونات(-HCO3):

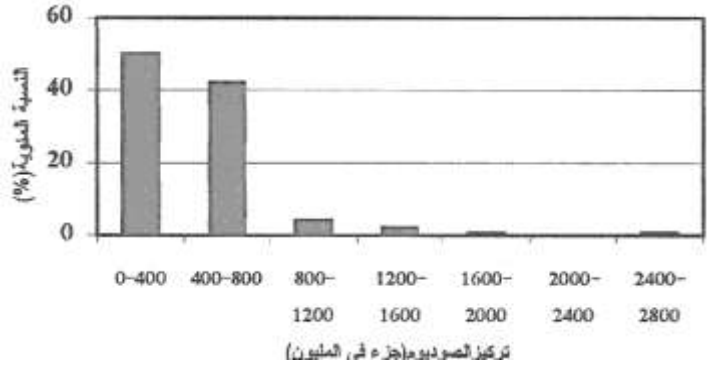
تراوح تركيزها بين 84–383 وبمتوسط 221,75جزء في المليون، وجاء توزعها الجغرافي متوافقا" مع توزع الملوحة(درجة الناقلية الكهربائية)، إلا أن أعلى قيمة لها كانت في أقصى الجنوب الشرقي مع أخفض القيم في الشمال انظر الشكل(4) .



الشكل(4):توزع تركيز البيكربونات بالنسبة لعدد العينات

الصوديوم(+Na):

ولقد جاء أعلى الكاتيونات تركيزا"، حيث تراوح تركيزه 197–2747 وبمتوسط 479,11 جزء في المليون. وحوالي 44% منها بتركيز بين400–800جزء في المليون انظر الشكل(5). ولقد توافق توزعه واتجاه تغيره مع التوزع العام للملوحة (درجة الناقلية الكهربائية)، حيث أظهرت تركيز 2300جزء في المليون، في الجنوب الشرقي من الواحة، وقيم منخفضة نسبيا في الشمال والوسط.

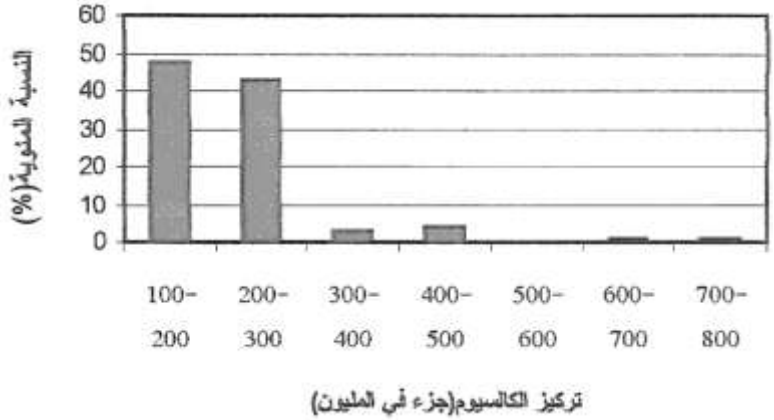


الشكل(5):توزع تركيز الصوديوم بالنسبة لعدد العينات

الكالسيوم(++Ca):

تراوح تركيزه بين 22–733 وبمتوسط حوالي 218,03 جزء في المليون وحوالي 43% منها بتركيز يتراوح بين 200–300جزء في المليون، انظر الشكل(6).

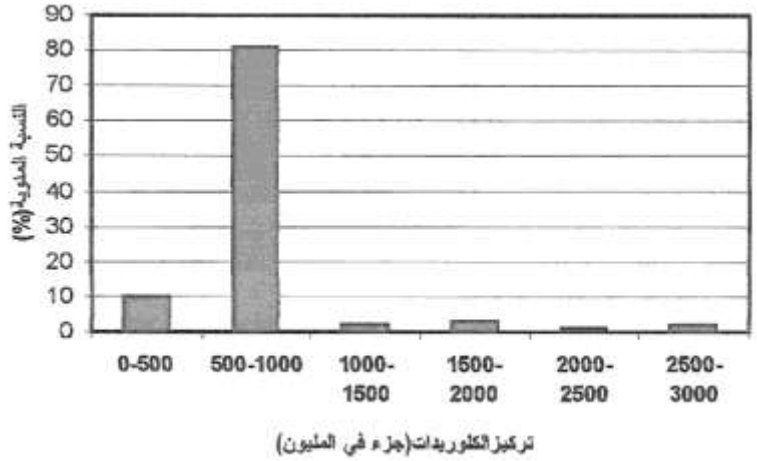
ولقد توافق توزعه الجغرافي مع توزع درجة الناقلية الكهربائية (Ec) بالواحة.وأظهر قيمة عالية في الجنوب الشرقي وقيما" منخفضة في الشمال وبعض أجزاء الوسط، ويعتبر مصدر الكالسيوم في المياه الجوفية الصخور الكلسية والدولوميتية المنتشرة في منطقة الدراسة.



الشكل(6):توزع تركيز الكالسيوم بالنسبة لعدد العينات

الكلور(Cl):

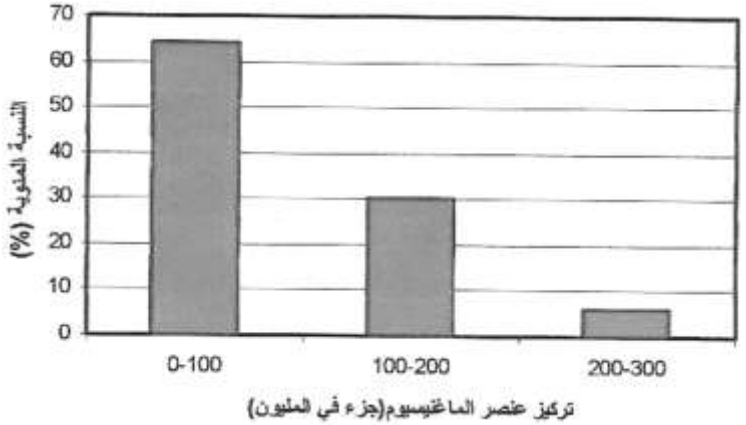
تراوح تركيزه بين 185–2807 وبمتوسط 718 جزء في المليون. ولقد أظهرت أغلب العينات 81% تركيزا" بين 500–1000 جزء في المليون و 10% منها بتركيز بين 0–500جزء في المليون، انظر الشكل(7).وجاء توزعه الجغرافي متوافقا"مع توزع الملوحة(درجة الناقلية الكهربائية)، حيث بلغ أعلى قيمة في الجنوب الشرقي وأدنى قيمة في الشمال والوسط. ويشابه توزعه توزع شوارد الصوديوم. ويرجع أصله في المياه الجوفية إلى وجود المتبخرات والسبخات الغنية بتركيز NaCl.



الشكل(7):توزع تركيز الكلور بالنسبة لعدد العينات

الماغنزيوم(Mg^{++}):

تـراوح تركيـزه بـين 20–300 وبمتوسـط 99 جـزء فـي المليـون. وجـاء توزعـه الجغرافـي مشـابها"لتـوزع الكالسيوم، مما يشير إلى أن مصدرهما مشترك، وهو الصخور الكلسية والدولوميتية. كما توافق توزعه أيضا" مع توزع الملوحة(درجة الناقلية الكهربائية) ، حيث بلغ ذروته في الجنوب الشرقي مع قيم أقل في الشمال والوسط.انظر الشكل(8).



الشكل(8):توزع تركيز المغنزيوم بالنسبة لعدد العينات.

التغير الزمني في درجة الملوحة:

للتوصل إلى التغير الزمني في درجة ملوحة تشكيلة النيوجين، قمت بمقارنة النتائج الحالية لعام 2006م بنتائج سابقة لعام 2001م [3] ولعام 1996م.[3]حسب الجدول(3).

الجدول(3):قيم الملوحة مع مناسيب المياه الموافقة خلال عشر سنوات

السنة	عدد العينات	متوسط الملوحة (ملغ/ل)	الحد الأدنى للملوحة	الحد الأعلى للملوحة	متوسط عمق سطح الماء
1996م	360	2,01	1,75	4,11	19م
2001م	360	2,88	2,15	5,99	25م
2006م	360	4,12	2,33	13,01	32م

يتضح من خلال الجدول(3) أن درجة ملوحة المياه الجوفية في تشكيلة النيوجين بواحة الأحساء قد ارتفعت بشكل ملحوظ خلال الفترة 1996–2006م . حيث ازداد متوسط درجة الملوحة بمعدل 39% وازداد الحد الأعلى زيادة كبيرة 122% كما ازداد الحد الأدنى بمعدل 2%. ولقد توافقت هذه الزيادة في ملوحة المياه الجوفية بين عامي 1996–2006م مع الزيادة المطردة لكمية الضخ من تشكيلة النيوجين.حيث أن كمية الضخ قد ارتفعت بين عامي 1996–2006م حوالي 35%.

نلاحظ من خلال نتائج درجة الناقلية الكهربائية (**Ec**) ونتائج تركيز الشوارد الرئيسية لمياه الآبار بعد تحليلها، ومقارنة النتائج لعام 2006م بنتائج سابقة 2001م و 1996م.أن ملوحة المياه الجوفية لتشكيلة النيوجين بواحة الأحساء تواجه ارتفاعا"مستمرا"حيث ارتفع متوسط درجة الملوحة **Ec** خلال السنوات العشر السابقة بحوالي 38% كما ارتفع كل من الحدين الأعلى والأدنى بحوالي 122% و 2% . وتبين من التوزع الجغرافي لدرجة الملوحة وتركيز الشوارد الرئيسية وجود منطقة عالية الملوحة في الجزء الجنوبي الشرقي من الواحة، تتراوح درجة الناقلية الكهربائية فيها من 9 إلى 12 مليموز/سم ، وتصل فيها درجة تركيز الصوديوم إلى أكثر من 2300جزء في المليون، والكلوريدات إلى أكثر من 2400 جزء في المليون. وهذا يمكننا من التعرف على اتجاهين **Trends** للارتفاع المستمر في درجة ملوحة تشكيلة النيوجين وهما:

1–ارتفاع كبير في ملوحة الجزء الجنوبي الشرقي من الواحة، حيث ارتفع معدل الملوحة (**Ec**) من 4–5مليموز/سم عام 1996م إلى 9–12مليموز/سم عام 2006م. وبذلك أصبحت مياه مجمل الآبار في هذا الاتجاه غير صالحة للشرب أو للاستخدام الزراعي، وهذا يهدد مستقبلا" بأن تتحول كافة مياه تشكيلة النيوجين إلى مياه عالية الملوحة وغير صالحة لأي غرض من أغراض الاستخدام البشري.وأعتقد أن تسرب مياه الصرف الزراعي عالية الملوحة إلى المياه الجوفية في هذا الاتجاه ، له الأثر الكبير في تركيز الملوحة وارتفاعها المستمر جنوب شرق الواحة.

2–الارتفاع التدريجي لملوحة مياه تشكيلة النيوجين الذي شمل الأجزاء الأخرى من الواحة بدرجات متفاوتة أقلها في منطقة الضخ الكثيف وسط وشمال الواحة.

وأعتقد أن سبب تفاوت معدلات ارتفاع درجة الملوحة وتميز منطقة الضخ الكثيف وسط وشمال الواحة بأقل درجة ملوحة، راجع إلى تفاوت خاصتي النفوذية والناقلية التي تكون عالية وسط وشمال الواحة،[6] 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.

3–وبسبب أن الحامل المائي النيوجيني يتوضع بعدم توافق فوق تشكيلة الدمام التي تعود إلى الايوسين الأوسط وهي ذات تركيب كربوناتي ومن المحتمل بشكل كبيرأن يكون تضريسها معقد وبسبب وجود علاقة محدودة مع الحامل الباليوسيني (مياه عميقة ذات ملوحة أكبر)، لا بد من استنتاج زيادة الملوحة من العلاقة الهدروديناميكية والأسموزية مع التشكيلات المائية العميقة.

الاستنتاجات والتوصيات:

أثبتت النتائج وجود ارتفاع في درجة ملوحة المياه الجوفية في تشكيلة النيوجين بواحة الأحساء بشكل عام(في الظروف الطبيعية). وتركزت الملوحة بشكل خاص في الأجزاء الجنوبية الشرقية (الفضول،الجفر،الطرف) والسبب الأساس في ذلك هو وصول مياه الري عالية الملوحة من المنطقة الجنوبية الشرقية والخالية من المصارف إلى الطبقة الحاملة للماء فتزيد من ملوحتها.[7] كما أن الضخ الجائر بكميات فاقت الضخ الآمن للمياه الجوفية والانخفاض الواضح في مناسيب المياه لحامل النيوجين وعلاقته الهدروديناميكية المفتوحة مع الحوامل الدنيا . جميع هذه العوامل أدت إلى ازدياد الملوحة في كامل تشكيلة النيوجين بواحة الأحساء.لذا فإنني أوصي بما يلي:

أ- الحد من استنزاف المياه الجوفية من تشكيلة النيوجين في واحة الأحساء. بواسطة تطوير أنظمة الري، أو ترشيد استهلاك المياه،ووضع ميزانية مائية.

ب- البحث عن مصادر مياه ري بديلة عن المياه الجوفية، مثل مياه الصرف الصحي المعالج ثلاثيا من مدينتي الدمام والخبر.

ج- الحد من الزراعة التي تعتمد على الري الدائم، ووضع الإجراءات الصارمة لمنع حفر آبار جديدة.

د-المراقبة المستمرة والدورية لكيميائية المياه ومناسيبها في الآبار و بخاصة الإنتاجية.

و-دراسة تلوث المياه الجوفية من آثار استخدام الأسمدة والصرف الزراعي.

ز-دراسة جيوكيمياء المياه للحوامل المائية لتشكيلة الدمام وتشكيلة الرضمة.

ي-تعيين الشكل التضاريسي العلوي لتشكيلة الدمام بالمسح الجيوكهربائي من أجل تعيين التداخل فيما بين الحامل المائي من الايوسين الأوسط والحامل المائي النيوجيني.

المراجع:

1-ج،بوجومولوف.*كتاب جيولوجيا الماء*.الطبعة الأولى،دار مير،موسكو،1983، 12-16

2- الطاهر،عبدالله،أحمد.*كتاب الأحساء دراسة جغرافية*.*الطبعة الأولى،جامعة الملك سعود،السعودية،1999م، 26-50*

3-بيانات وتقارير صادرة عن هيئة الري والصرف ،الأحساء،المملكة العربية السعودية.

4- الخطيب،عبد الباسط.*كتاب سبع سنابل*.الطبعة الأولى،وزارة الزراعة و المياه، السعودية،1980م،111-139

5-عثمان،مصطفى،نوري.*كتاب الماء ومسيرة التنمية في السعودية*.الطبعة الأولى، وزارة الزراعة و المياه، جدة-السعودية،1983م، ص85-123.

6 -Leichtweiss Institute Research team,*The water potential of AL-Hassa Oasis*,k.s.a.,publ.nr.38, 1977.

7- MOHAMMED RASHEEDUDDIN; ABDERRAHMAN, W. A.; LLOYD, J. W.