



الرصد الهيدرولوجي لتكوين الفيضانات

ضمن نطاق مشروع الري والصرف بالأحساء

إعداد :

م/ خليفة عبدالله الكويتي

م/ صلاح سيد أحمد

المملكة العربية السعودية

ورقة عمل مقدمة من وزارة الزراعة - هيئة الري والصرف بالأحساء

لمؤتمر الخليج السادس للمياه - الرياض

بالتزامن مع " الندوة الثانية لترشيد استخدام المياه بالمملكة "

٥-٩ محرم ١٤٢٤ هـ الموافق ٨-١٢ مارس ٢٠٠٣ م

الماء في جدول مجلس التعاون . . من أجل تنمية مستدامة

الرصد الهيدروجيولوجي لتكوين النيوجين ضمن نطاق مشروع الري والصرف بالأحساء

خليفة الكويتي* هيئة الري والصرف بالأحساء صلاح سيد أحمد

ص.ب ٢٧٩ الأحساء ٣١٩٨٢ - المملكة العربية السعودية

ملخص :

تعتمد واحة الأحساء اعتماداً شديداً على المياه الجوفية ، ويعتبر تكوين النيوجين المصدر الرئيسي لمياه الري والشرب حيث يوفر حوالي ٩٠% من احتياجات المنطقة . وقد أشارت دراسة سابقة عام (١٩٧٧م) أجرتها وزارة الزراعة والمياه إلى أن معدل السحب الآمن من هذا التكوين يقدر بحوالي (١٠ م^٣/ث) ، غير أن تزايد الطلب على المياه لكافة القطاعات أدى إلى انخفاض ملحوظ ومستمر في منسوب المياه بشكل أصبح يهدد مستقبله ويدعو للقلق .

تهدف هذه الورقة إلى :-

- تسليط الضوء على المخاطر المتوقعة لمستقبل هذه التكوين في ظل الاستمرار في معدلات السحب الحالية .
- مقارنة بين الطلب الحالي والمستقبلي للمياه والمصادر المتوفرة والتي يمكن توفرها في حال استكمال تنفيذ بنود خطة وزارة الزراعة التي تتمثل في تأمين احتياجات مياه الشرب لمحافظة الأحساء من خارجها وإيقاف الضخ الحالي من الطبقات المحلية لأغراض الشرب ، مع التوسع في استخدام مياه الصرف الصحي المنقاة ثلاثياً ومياه الصرف الزراعي في أغراض الري كبديل للمياه الجوفية .
- طرح خطة للاستغلال الآمن لتكوين النيوجين وحمايته من خطر الاستنزاف والتملح .

وتم تقدير احتياجات المنطقة من مياه الري والشرب حتى عام ٢٠١٠م ومقارنتها بالمصادر المتوفرة والمتوقع توفرها من خلال استراتيجية وزارة الزراعة والمياه . حيث تبين أنه يمكن تقديراً الوفاء بالاحتياجات بعد تكامل تنفيذ مشاريع الخطة المتوقعة عام ٢٠١٠م مع استمرار معدلات السحب الحالي من تكوين النيوجين التي تفوق حد السحب الآمن له ب(٥٠%) . إلا أن ذلك لا يحقق أهداف الوزارة من وراء خطتها للمحافظة عليه واستقراره ولذا تم اقتراح خطة لتحسين وضع المياه بالتكوين تقوم على تقليل سحب المياه إلى حد السحب الآمن وذلك عن طريق تفعيل برامج رفع كفاءة استخدام المياه وتطوير طريقة الري التقليدية ، ويتوقع أن تتوفر نتيجة لذلك كمية ٣،٤٤ م^٣/ث عبارة عن تقليل الضخ من الآبار الخاصة لصالح تكوين النيوجين . ، وتقليل ضخ مشروع الري والصرف بالأحساء تدريجياً إلى أن يصبح اعتماده كلياً على مياه الصرف الصحي المنقاة ومياه الصرف الزراعي مما يوفر ٢،٤ م^٣/ث لصالح الطبقة . بالإضافة إلى اقتراح تزويد المنطقة بكمية حوالي ٢٠٠،٠٠٠ م^٣/ث يوميا من مياه التحلية علاوة على ما هو معتمد حالياً الأمر الذي سيمكن مصلحة المياه

والصرف الصحي ووزارة الزراعة والمياه من إيقاف ضخ كمية حوالي ١,٢٥ م^٣/ث (١٠٨٠٠٠٠ م^٣/اليوم)
للشرب لصالح تكوين النيوجين الجوي .

مفتاح الكلمات : الأحساء ، تكوين النيوجين ، خطة وزارة الزراعة والمياه ، حد السحب الآمن للتكوين .

Abstract

Al-Hassa Oasis depends almost totally on Groundwater for its water needs. The Neogene Aquifer is regarded as the main source of water for the different purposes, supplying approximately 90% of the total abstractions in the area. Previous studies executed (1977) by the Ministry of Agricultural and water pointed out that the sustainable abstraction rate for that aquifer amounts to 10 m³/s. But the ever increasing demands by all sectors led to considerable and continuous drawdown of groundwater levels, in a way that may result in its depletion.

The main objectives of this paper are :-

_Focus on the adverse consequences on the Neogene Aquifer if the present abstraction rates are continued.

_Compare between the estimated present and future (up to 2010) water demand and the resources made available and those expected after completion of the plans raised by the Ministry of Agriculture and water, which include :- Supplying the area with domestic water from groundwater sources outside Al Hassa area as well as from desalination ; In addition to reuse of Agricultural drainage water and treated sewage effluents.

-_Suggest a plan for the sustainable exploitation of the Neogene aquifer.

Future water demands were estimated up to the year 2010. When those demands are compared with the available resources and those expected through the plans of The Ministry of Agriculture and water, it is noticed that the resources made available in the year 2010, will meet the total demands but with continuing pumping the Neogene Aquifer by 50% in excess of its sustainable or safe yield abstractions. A plan is suggested here for attaining a sustainable abstraction for this aquifer.

The suggested plan depends on; -

-Raising water use efficiency through improving traditional irrigation methods and introducing modern systems. This is expected to save 3.44 m³/s by decreasing the water pumped from the NEOGENE aquifer.

-Stopping Al-Hassa Irrigation and Drainage Authority's present pumping from the Neogene which is 2.4 m³/s, through using tertiary treated sewage water after completing all the phases of adding the tertiary treatment method to Al- Hassa sewage treatment plants.

-Supplying the area with an additional 2.3 m³/s of desalinated water will make possible stopping pumping water from the NEOGENE Aquifer for domestic use which amounts to 1.25m³/s.

١ : مقدمة :

يعتبر تكوين النيوجين الجوفي المصدر الرئيسي للمياه بواحة الأحساء ، حيث يوفر حوالي ٩٠% من احتياجات المنطقة للأغراض الزراعية والمنزلية ويعتمد على هذا التكوين جهات عديدة منها مشروع الري والصرف ومصلحة المياه والصرف الصحي (لأغراض الشرب) والبلدية (للأغراض التشجير وري الحدائق) إضافة إلى الأهالي الذين يستغلون آبار خاصة بهم في عموم المحافظة . ونظراً لأهمية هذا التكوين (النيوجين) لمحافظة الأحساء (شكل رقم ١) قامت وزارة الزراعة والمياه بإجراء دراسات مستفيضة لأوضاع المياه بها وحصر عدد العيون وتصرفاتها منها دراسة الشركة الاستشارية واكوتي عام ١٩٦٤م [١] ودراسة شركة إيطالكونسلت (المنطقة الرابعة) عام ١٩٦٩-١٩٧١م [٢] ودراسة مكتب الأبحاث الجيولوجية والتعدينية الفرنسية (ب ر ج م) ١٩٧٧م [٣] . وقد أشارت تلك الدراسات إلى الإمكانيات الماثية الجيدة لتكوين النيوجين بالأحساء فذكرت واكوتي (١٩٦٤م) أن معدل كمية المياه المتدفقة من (١٦٢) عيناً و(٣٣٦) بئراً تبلغ حوالي (٤, ١٢٠ م^٣/ث) معظمها يتدفق طبيعياً من العيون دون تدخل يذكر من الإنسان . كما توصلت (ب ر ج م) في دراستها عام ١٩٧٨م إلى أن معدل السحب من تكوين النيوجين لكافة الأغراض يبلغ حوالي (١٠ م^٣/ث) سواء بالتدفق الطبيعي من العيون أو بالضخ من الآبار مشيرة إلى أنه يعادل الاستعاضة السنوية (التغذية من الأمطار) لذلك التكوين أو ما يعرف بمعدل السحب الآمن . وكانت وزارة الزراعة والمياه -بناء على نتائج دراسة المؤسسة الفرنسية (ب ر ج م) وآخذة في الاعتبار النمو المضطرب للمنطقة وما سيقابله من زيادة في الطلب على المياه مستقبلاً- قد وضعت في عام ١٩٧٩م استراتيجية لدعم مصادر المياه بالمنطقة تقوم على إيقاف المزيد من توزيع الأراضي البور وحفر الآبار وتنفيذ مشاريع جلب مياه الشرب من خارج محافظة الأحساء ، إضافة إلى استغلال مياه الصرف الزراعي في الري والعمل على رفع مستوى المعالجة بمحطات التنقية للاستفادة من فوائدها في الري . ومنذ ذلك الحين أمكن للوزارة تنفيذ المرحلة الأولى من مشروع ويسه لجلب مياه الشرب من منطقة (٥٥ كم) جنوب غرب الهفوف بطاقة تصميمية قدرها (١٠٠ ألف م^٣/يوم- يصل منها فعلياً حوالي ٦٥٠٠٠ م^٣/يوم) وجاري تنفيذ المرحلة الثانية منه بنفس الطاقة التصميمية ، ثم رأت الوزارة مؤخرًا حفر المزيد من الآبار بحق ويسه لتصل طاقته إلى ٢٠٠,٠٠٠ م^٣/يوم كما يجري العمل في إمداد المنطقة بحوالي (٧٠ ألف م^٣/يوم) من مياه التحلية . وقامت هيئة الري والصرف بالأحساء عام ١٩٩٢م بتنفيذ مشروع إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي لأغراض الري بطاقة تصميمية حوالي (١٠٠ ألف متر مكعب يومياً) .

ومع تنامي الطلب على المياه والانخفاض الكبير في مناسيب طبقتي أم الرضمة والخبر ازداد الضغط في السنوات الأخيرة على تكوين النيوجين فوصل سحب المياه منه إلى معدل حوالي (١٤,٥ م^٣/ث) (تقديرات وزارة الزراعة والمياه عام ١٩٨٧م) [٤] ويقدر حالياً بما يفوق (١٥ م^٣/ث) (تقديرات هيئة الري والصرف

بالأحساء) [٥] . وانعكس ذلك على مناسبيه فانخفضت انخفاضاً كبيراً أدى إلى جفاف عدد من الآبار ذات الأعماق الضحلة ، كما لوحظ ارتفاع نسبي في درجة ملوحة مياهه .

٢ : الهدف الرئيسي من الدراسة :

إن الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تسليط الضوء على أهمية تكوين النيوجين بمحافظة الأحساء وأوضاع المياه بالتكوين في حالة استمرار معدلات السحب الحالية . وكذلك دراسة الآثار الإيجابية المتوقع انعكاسها على التكوين في حالة استكمال تنفيذ بنود خطة وزارة الزراعة والتي تتمثل في تأمين احتياجات مياه الشرب للمحافظة من خارجها وإيقاف الضخ الحالي من التكوين لأغراض الشرب مع التوسع في استغلال مياه الصرف الصحي المنقاة والصرف الزراعي في الري كمصادر مساندة للمياه الجوفية إضافة إلى تنفيذ برامج الترشيد التي تساهم في رفع كفاءة استخدام المياه .

٣ : طريقة العمل :

قام الباحثان بتجميع ورصد وتحليل البيانات الهيدروجيولوجية والجيولوجية عن خصائص هذا التكوين والنظام المائي المرتبط به من الدراسات التي أجرتها وزارة الزراعة والمياه وخاصة دراسة (ب ر ج م) الفرنسية ، وبيانات القياسات المائية الدورية بمشروع الري والصرف (كميات المياه الجوفية المستهلكة - رصد حركة مناسيب المياه في الآبار الإنتاجية والاختبارية - قياس ورصد ملوحة المياه الجوفية - كمية ونوعية مياه الصرف الزراعي) . كما قام الباحثان بإجراء حصر لآبار تكوين النيوجين بالواحة خلال عامي ١٩٩٩م و ٢٠٠٠م ، مع عمل مسح شامل للملوحة المياه الجوفية شمل ٦٤٨ بئراً ومقارنته بنتائج مسح سابق أجراه قسم المياه والتربة بهيئة الري والصرف عام ١٩٨٥م .

٤ : جيولوجية وهيدروجيولوجية تكوين النيوجين :

تنتمي مجموعة تكوين النيوجين إلى العصر الميوسيني أو البليوسيني وهي رواسب تبدأ قارية ثم تنتهي برواسب بحرية ضحلة [١٢] تغطيها جزئياً في منطقة الأحساء (شكل رقم ٢) رواسب العصر الرباعي مثل الكثبان الرملية المتحركة وبعض الطبقات التبخرية والسبخية وخاصة إلى الشرق من الأحساء . أما إلى الغرب من الأحساء فتظهر الصخور الجيرية للجزء الأوسط من تكوين النيوجين إلى السطح ، وهناك عاملان لهما أثر ملحوظ على الخواص الهيدروجيولوجية لهذا التكوين [٤] هما :

١ . مرحلة ما قبل عدم تطابق النيوجين (Pre - Neogene Unconformity) فقد

تعرضت المنطقة بعد رواسب تكوين الدمام إلى عوامل تعرية متقلبة استمرت لفترة طويلة أدت

إلى تآكل تكوين الدمام بدرجات متفاوتة وبشكل أكبر في المناطق المرتفعة أو الأكثر تحديداً

وخاصة في منطقة العثمانية الواقعة فوق محدودب الغوار إلى الغرب من الأحساء ، (شكل رقم ١) حيث يكون تكوين الدمام مبتوراً كلياً . الأمر الذي ساعد في وجود اتصال بين الطبقات والتكوينات وتبادل الرشح المائي من الأمطار ، وقد أثر ذلك بوضوح على تكوين النيوجين حيث يمكن إثبات وجود اتصال مباشر بين التكوينات الحاملة للماء فوق محدودب الغوار من خلال التشابه في التغيرات في مستوى الماء والتحليل الكيميائية والأيزوتوبية ودرجات حرارة المياه التي تدل على أن كمية من المياه ترتفع بالرشح إلى أعلى من أم الرضمة إلى النيوجين [٣]

٢. ساعد ارتفاع محدودب الغوار في جعله المنطقة الأكثر تأثراً بعوامل التعرية وخاصة في فترة ما قبل النيوجين ، فتعرضت الأجزاء الأكثر تحدياً منه لتعرية كثيفة أدت تطور الظاهر الكارستية وتكون الشقوق والكهوف والمناطق المنخفضة ، الأمر الذي جعل هذه الأجزاء مناطق امتصاص جيدة لمياه الأمطار .

ويصل سمك مجموعة النيوجين بالأحساء إلى حوالي (٢٢٥ م) ويمكن تقسيمها إلى ثلاث وحدات من أعلى إلى أسفل هي : (طبقة الهفوف - طبقة اللدام - طبقة الهيدروخ) وتعتبر وحدة حجر اللدام الجيري (المعروفة محلياً بالجلبل) أكثر الوحدات إنتاجية ، فقد كانت العيون تتدفق منها بكميات كبيرة وصلت في عين الحدود إلى حوالي (١٧٠٠ ل/ث) [٣] وأيضاً تمتاز الآبار على طبقة اللدام (أعماقها من ٧٠ - ١٢٠ م) بإنتاجية عالية تصل في بعضها إلى (٣٠٠٠ جالون/دقيقة) بانخفاض بضع سنتيمترات فقط في مستوى الماء . وترتفع النفاذية إلى أعلى مستوياتها في جنوب غرب الهفوف حيث توجد منطقة صرف كارستية متطورة ومتصلة تغذي واحة الأحساء بمعظم المياه الراشحة إلى تكوين النيوجين من الأمطار . وقدر معامل النفاذية ($L2/t$) في بعض الآبار بأكثر من (٢٢ ألف م^٢/يوم) [٣] بسبب تشققه وتكفه بدرجة كبيرة (خاصية كارستية) وخاصة في المناطق الجغرافية الثلاث التي تتركز فيها عيون الأحساء . أما وحدة الهيدروخ المتكونة من الرمل والحجر الجيري والمارل فهي منتجة في شمال وشرق الأحساء حيث يزداد سمكها ويقل سمك وحدة اللدام وإنتاجية الآبار فيها متوسطة . وتعتبر وحدة الهفوف المتكونة من الطين والمارل والرمل والجير ضعيفة الإنتاجية بسبب قلة سمكها وعدم استمراريتها .

وتشير حركة منسوب الماء في مجموعة النيوجين إلى تدفق باتجاه الشمال الشرقي بشكل عام مع ميل بطيء غرب الهفوف يأخذ في الازدياد (يصبح أكثر انحداراً) في المنطقة الواقعة شرق الهفوف في الخليج العربي [٣]. ويعزى ذلك الاختلاف في الميل إلى انخفاض النفاذية شرق الهفوف بسبب زيادة الطين في الطبقة لوقوعها في منطقة مقعر الجافوره في مقابل النفاذية العالية غرب الهفوف وفوق محدودب الغوار. ونظراً للاتصال بين النيوجين وخزاني الخبر (عضو تكوين الدمام) وأم الرضمة في منطقة تآكل تكوين الدمام في أعلى الغوار . فإن المياه التي تتدفق من العيون ومحمل مياه النيوجين بالأحساء ناتجة عن خليط من المياه المستمدة من مخزون تكوين النيوجين

بنسبة (٧٥-٨٠ %) ، والمياه المرتفعة من تكوين أم الرضمة بنسبة (١٠-١٥ %) إضافة إلى المياه المكتسبة من التغذية السنوية من الأمطار [٣]. وبالرغم من أن المنطقة الصخرية لمنكشف تكوين النيوجين (مساحتها حوالي ١٨٠٠٠ كم^٢) تعتبر منطقة رشح وامتصاص جيدة للأمطار من خلال الكهوف والدحول والمنخفضات الكبيرة بها وخاصة في منطقة غرب الغوار الذي تأكد من التحاليل الكيماوية والأيزوتوبية لمياه النيوجين فإن عمر المياه بطريقة الكربون (١٤) يتراوح بين (٩٠٠٠ و ٢٣٠٠٠ سنة) [٣] وهو عمر قديم نسبياً يشير إلى حجم المياه الكبير المختزن في الطبقة مقارنة بالتغذية السنوية من الأمطار وهذا يعزز من نظرية الخليط المعقد لمياه النيوجين .

٥ : أثر تجاوز حد السحب الآمن على تكوين النيوجين بالأحساء :

وكما سبق الإشارة إليه فإن كمية سحب المياه من جميع الأطراف وخاصة الأهالي بواحة الأحساء تقدر حالياً بأكثر من معدل (١٥م^٣/ث) [٥] . وهو ما يفوق حد الاستغلال الآمن لتكوين النيوجين بنسبة (٥٠%) وكان لذلك أثر ملحوظ على مناسيب المياه ونوعيتها ، فبدأت الآثار السلبية بنضوب العيون الطبيعية (أعماقها تتراوح من ٥-١٥ متراً) تلي ذلك نضوب عدد من الآبار خلال الفترة من ١٩٩٠م إلى ٢٠٠٢م ذات فجوات التغذية قليلة العمق ثم الأكثر عمقاً وهكذا . وترتب على ذلك انخفاض كبير في حصة مشروع الري والصرف من ٧,١م^٣/ث إلى أن وصلت حالياً ٢,٤م^٣/ث ، يقابله ارتفاع في حصة الأهالي والجهات الحكومية الأخرى من حوالي ٣م^٣/ث إلى حوالي ١٢م^٣/ث وهو ما يعادل أكثر من ٨٠% من السحب العام من هذا التكوين ، واصبح التحكم في التكوين سلباً وإيجاباً بنسبة أكثر من ٨٠% يتوقف على ممارساتهم . ويوضح الشكل رقم (٣) المأخوذ من مناسيب المياه الأدنى في الآبار (أي المناسيب أثناء الضخ) إثر ازدياد السحب وبالتالي انخفاض المناسيب على الآبار بالواحة . حيث يتوقع مع استمرار معدلات الانخفاض الحالية للمناسيب نضوب عدد كبير من الآبار إضافة إلى الانخفاض المستمر في عمق سحب المياه وبالتالي زيادة تكلفة ضخها إلى سطح الأرض .

كما كان لزيادة السحب أيضاً أثره السلبي على درجة ملوحة مياه التكوين ، حيث لوحظ زيادة تدريجية مستمرة في درجة ملوحة المياه تكون أكبر نسبياً في أطراف الواحة وخاصة الطرف الجنوبي الشرقي وصلت في بعض الآبار إلى مستويات لا تصلح معها المياه للري ، وقد تبين ذلك من نتائج مسح هايدروكيميائي [٦] أجري عام ١٩٩٩م وتم مقارنته بمسح سابق أجري في عام ١٩٨٥م ويوضح الشكلان رقم (٤-٥) نتائج ذلك . حيث يلاحظ أن متوسط درجة الملوحة مقاسة بالتوصيل الكهربائي (EC) قد ارتفعت خلال الفترة من ١٩٨٥-١٩٩٩م بحوالي (٣٨,٧%) ، وارتبط ذلك بزيادة سحب المياه وانخفاض المناسيب إضافة إلى تسرب نواتج مياه الري عالية الملوحة إلى التكوين وخاصة من الأجزاء الجنوبية الشرقية للواحة (منطقة الغويبه) ساعد في خلق ظروف مناسبة لزيادة الملوحة في مجمل مياه تكوين النيوجين .

إن عدم التمكن من تكامل تنفيذ جميع بنود خطة وزارة الزراعة والمياه الذي مضى على اعتمادها حوالي ٢٤ سنة لدعم مصادر المياه بالأحساء التي سبق الإشارة إليها في زمن قياسي يتناسب مع تسارع الطفرة التنموية

وتطور متطلباتها من المياه وبقاء مشاريعها تحت التنفيذ حتى الآن أدى إلى زيادة الضغط على تكوين النيوجين وذلك لتأمين تلك ويوضح الجدول رقم (١) أدناه تطور سحب المياه الجوفية من هذا التكوين حتى أصبح معدله يفوق (١٥ م^٣/ث) أي يزيد بحوالي (٥٠%) عن معدل الاستغلال الآمن له .

الإجمالي (م ^٣ /ث)	السحب من تكوين النيوجين بالأحساء (م ^٣ /ث)		الشرب	العام
	الري			
	المشروع	الأهالي والجهات الأخرى		
[٣] ١٠,١٢٥	[٣] ٢,٥	[٣] ٧,١	[٣] ٠,٥٢٥	م١٩٧٧
١٠,٢٠٠	٣,٠	٦,٦	٠,٦٠٠	م١٩٨٢
[٤] ١٤,٦٨٥	٨,٥	٥,٥	٠,٦٨٥	م١٩٨٧
١٤,٧٨٠	٩,٨	٤,٢	٠,٧٨٠	م١٩٩٢
١٤,٩٠٠	١٠,٨	٣,٢	٠,٩٠٠	م١٩٩٧
١٥,١٨٦	@ ١١,٦	@ ٢,٤	& ١,١٨٦	م٢٠٠٢

& (مصلحة المياه بالأحساء وفرع وزارة الزراعة بالأحساء) . جدول رقم (١)

@ قسم المياه والتربة - هيئة الري والصرف بالأحساء .

٦: اقتراح خطة للمحافظة على تكوين النيوجين وتحسين وضع المياه فيه :

يلاحظ مما تقدم أن الزيادة في السحب من تكوين النيوجين عن حد السحب الآمن لاستغلاله تقدر بحوالي (٣٥ م^٣/ث) وهي قابلة للزيادة مع تنامي الاحتياجات ، مما سيؤدي إلى عدم جدوى هذا التكوين سواء من حيث الكمية والنوعية . ولتفادي المزيد من تدهور أوضاعه فإن الأمر يتطلب إيجاد خطة عملية لإدارة واستخدام مصادر المياه تقوم على تخفيض السحب من هذا التكوين إلى حد السحب الآمن له مع تأمين الاحتياجات الآنية والمستقبلية للمنطقة من مصادر أخرى . ولإيضاح ذلك قام الباحثان بمتابعة تطور كميات سحب المياه الجوفية بالمنطقة منذ عام ١٩٧٧ م (وهي الفترة التي كان التوازن المائي لتكوين النيوجين قائماً فيها وما قبلها) وحصر المصادر الأخرى المتوفرة من خلال خطة وزارة الزراعة والمياه والتي يمكن توفرها مستقبلاً .

كما قام الباحثان بتقدير حجم الاحتياجات من مياه الري وكذلك المياه البلدية والصناعية (الشرب) بناء على تقديرات عدد السكان وافترض نسبة نمو قدرها ٣% ومعدل استهلاك للفرد حوالي ٣٠٠ لتر/يوم [١٠]، [١١] وتم رصد ذلك في الجدول المرفق رقم (٢) حيث يلاحظ منه الآتي :

● إن الاحتياجات لكافة الأغراض يتوقع أن تبلغ ذروتها في عام ٢٠١٠م بمعدل (١٨,٧٠٥) م^٣/ث وأن كمية المياه التي يتوقع توفرها وقتها إذا ما تكامل تنفيذ خطة الوزارة لدعم مصادر المياه لن تكون كافية لتغطية كافة الاحتياجات ما لم يستمر السحب من تكوين النيوجين وخاصة من جبل أبو غنيمة بالهفوف والقرى لتغطية العجز في متطلبات الشرب . وهذا الوضع لن يستمر طويلاً لأن التكوين مهدد بالانحسار والملح

● وجود فجوة في مصادر المياه البلدية (الشرب) والصناعية سواء حالياً أو مستقبلاً مع استمرار الضخ لأغراض الشرب من تكوين النيوجين بالأحساء ويتوقع أن تكون تلك الفجوة حوالي ١,٤ م^٣/ث أو ١٢٢ ألف م^٣/يومياً عام ٢٠١٠م ترتفع إلى حوالي ٢,٦٨ م^٣/ث (٢٣٢ ألف م^٣/ اليوم) في حالة إيقاف ضخ مياه الشرب من تكوين النيوجين بالأحساء

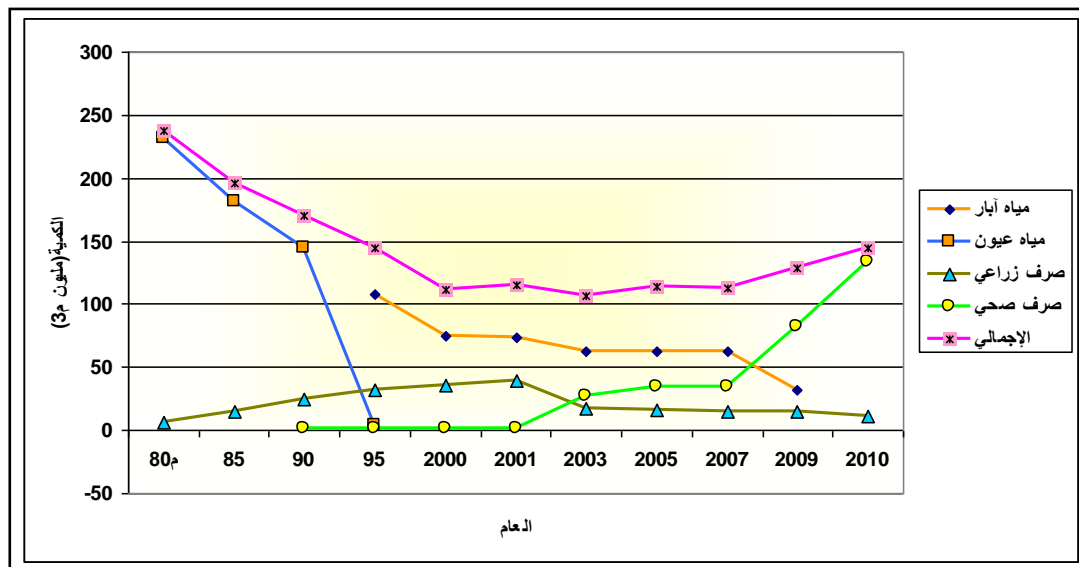
وتقوم الخطة المقترحة في هذا البحث على تخفيض السحب من تكوين النيوجين مع محاولة سد فجوة مياه الشرب والاستفادة من مياه الصرف الصحي التي ستوفر بالمنطقة من مشاريع مياه الشرب في الأغراض الزراعية وذلك كالآتي :

أ - رفع كفاءة استخدام المياه الزراعية :

تشير بعض الدراسات إلى تدني كفاءة استخدام المياه الزراعية في كثير من المزارع بالأحساء ، حيث لازالت تستخدم فيها طرق الري التقليدية (بالغمر) التي تتسم بتدني كفاءة الري الحقلية . وأشارت دراسة أجراها معهد البحوث بجامعة الملك فهد للبترول والمعادن لهيئة الري والصرف بالأحساء عام ١٩٨٥م بأن متوسط كفاءة الري الحقلية تقدر بحوالي (٣٠%) [٩] . وقد بذلت بعض الجهود منذ ذلك الوقت لتحسين كفاءة الري الحقلية وخاصة في المزارع داخل نطاق مشروع الري والصرف ، ويعتقد بأن متوسط كفاءة الري الحقلية حالياً يقدر بحوالي ٤٤% [٨] . ويقترح تبني برامج عملية محددة بمدى زمني لرفع كفاءة الري الحقلية في المزارع إلى حوالي ٦٠% حتى العام ٢٠١٠م . وذلك سواء بتحسين طريقة الري السطحي على غرار ما تقوم به هيئة الري والصرف [٨] أو بإدخال طرق الري الحديثة مع ربط ذلك بخطة الوزارة لتركيبة العدادات على جميع الآبار الخاصة ، وتم اختيار ٦٠% كحد أعلى لرفع كفاءة الري الحقلية بسبب المعوقات والصعوبات التي يمكن أن تواجهها مثل صغر الحيازات الزراعية وتفتتها وضعف العائد الاقتصادي للمزارع . . إلخ [٨] . ويتوقع بتبني هذه الخطة أن تنخفض احتياجات مياه الري بالواحة من معدل ١٢,٩ م^٣/ث عام ٢٠٠٢م إلى حوالي ٩,٤٦ م^٣/ث عام ٢٠١٠م بوفر حوالي ٣,٤٤ م^٣/ث ، وإذا تم التركيز على المزارع التي تروي من آبار خاصة في عموم الواحة على تكوين النيوجين فإن تلك الكمية من المياه يمكن أن تتوفر لصالح ذلك التكوين (جدول رقم ٣) .

ب - الاستفادة من المصادر غير التقليدية بمشروع الري والصرف بالأحساء وتقليل اعتماده على المياه الجوفية :

استمراراً لاستراتيجية هيئة الري والصرف بالأحساء التي بدأتها في وقت مبكر لتقليل اعتماد المشروع على المياه الجوفية والتحول للاعتماد على مياه الصرف الزراعي و الصحي المنقاة في الري ، فرغت من إنشاء محطة الضخ والخط الناقل لمياه الصرف الصحي المنقاة من محطة المصلحة بالمهفوف إلى قنوات المشروع بطاقة حوالي ٢١٠ ألف م^٣/يومياً ، وسيمكن ذلك المشروع الذي سيتم تشغيله قريباً من الاستفادة من كمية ٧٠ ألف م^٣/يومياً هي ناتج المرحلة الأولى الثلاثية التي فرغت المصلحة أخيراً من إضافتها لمحطة المعالجة . وتخطط الهيئة للتخلي عن جزء كبير من ضخها من المياه الجوفية بعد تنفيذ المراحل اللاحقة لإضافة مرحلة المعالجة الثلاثية لمحطة المعالجة بالمهفوف ، إضافة إلى الاستفادة من مياه الصرف الصحي من محطتي القرى الشرقية والشمالية بالأحساء ويتوقع أن يصل إجمالي مياه الصرف الصحي الثلاثية التي سيستفيد منها المشروع عام ٢٠١٠م إلى حوالي ٢٢٥ ألف م^٣/يومياً (٢,٦٠٥ م^٣/ث) وذلك حسب خطة وزارة الزراعة والمياه التي سبق الإشارة إليها . وفي ضوء ذلك يتوقع أن تنخفض كمية سحب المشروع من تكوين النيوجين إلى حوالي (١ م^٣/ث) مما سيوفر في عام ٢٠١٠م حوالي (١,٤ م^٣/ث) لصالح التكوين . ويوضح الرسم أدناه خطط هيئة الري والصرف لتنويع مصادرها والتحول للاعتماد شبه الكامل على مياه الصرف الصحي المنقاة .



شكل رقم (٦) : مصادر مياه الري الحالية والمتوقعة بمشروع الري والصرف بالأحساء . [٥]

وفي حالة تبني مقترحات الخطة المطروحة في هذا البحث (فقرة ج أدناه) فإن كمية مياه الصرف الصحي بالأحساء التي ستتوفر بعد إمداد المنطقة بكمية إضافية من التحلية بكمية ٢٠٠ ألف م^٣/يومياً فإن فائض مياه الصرف الصحي الذي سيتوفر بالأحساء سيكون في حدود ٤,٢١٥ م^٣/ث أو حوالي ٣٦٤ ألف م^٣/يومياً ، الأمر الذي سيتيح لمشروع الري والصرف التخلي عن كامل حصته من المياه الجوفية بعد إجراء بعض التعديلات على قنوات المشروع وربطها معاً ليتمكن الاستفادة من تلك المياه .

ج- تزويد المحافظة بكمية إضافية من مياه التحلية :

تقدر كمية الضخ لأغراض الشرب من تكوين النيوجين بالأحساء حالياً سواء من آبار مصلحة المياه والصرف الصحي أو الآبار التابعة للوزارة بحوالي ١٠٣ ألف م^٣/يومياً أي بمعدل (١٩,١ م^٣/ث). ويمكن لهذه الكمية إذا ما أوقف ضخها أن تساهم في تحسين مناسيب تكوين النيوجين ، ونظراً لوجود فجوة في مياه الشرب سواء حالياً أو مستقبلاً (انظر الجدول رقم ٢) فإن إيقاف الضخ لأغراض الشرب من تكوين النيوجين غير ممكن ما لم يتم تغطية كامل احتياج المنطقة من خارجها والمقدر بحوالي ٥٠٠ ألف م^٣ / يومياً في عام ٢٠١٠ م. ولسد الفجوة في مياه الشرب التي يتوقع بعد تكامل جميع مشاريع وزارة الزراعة والمياه (٢٠٠ ألف م^٣/يومياً من ويسه + ٧٠ ألف م^٣/يومياً من التحلية) في عام ٢٠١٠م أن تكون في حدود ١٢٢ ألف م^٣/يومياً مع استمرار الضخ للشرب من تكوين النيوجين بالأحساء ، فإنه يقترح أن يتم تزويد المنطقة بكمية إضافية من مياه التحلية في حدود ٢٠٠ ألف م^٣/يومياً ، مع اتخاذ التدابير المناسبة والتقليل من فواقد الشبكة وترشيد استخدام هذه المياه .

ويوضح الجدول رقم (٣) المرفق وضع كميات السحب من تكوين النيوجين والمصادر التي يمكن توفرها في حالة تبنى الخطة المذكورة أعلاه التي يمكن إنجازها في الآتي :

- يتوقع انخفاض إجمالي كمية سحب المياه من تكوين النيوجين في عام ٢٠١٠م بحوالي ٦ م^٣/ث - تفاصيلها كما يلي :

■ ٣,٤٤ م^٣/ث نتيجة لرفع كفاءة الري الحقلية وتحديث نظام الري بالغمر في المزارع التي تعتمد على تكوين النيوجين .

■ ١,٤٠ م^٣/ث نتيجة لتخلي مشروع الري والصرف عن جزء من ضخه من المياه الجوفية من خلال توسعه في استخدام مياه الصرف الصحي كبديل للمياه الجوفية ، إضافة إلى رفع كفاءة استخدام المياه .

■ ١,٢٥ م^٣/ث نتيجة لإيقاف ضخ مياه الشرب من المياه الجوفية داخل الأحساء .

وبذلك يتوقع أن ينخفض إجمالي السحب من تكوين النيوجين لكافة الأغراض إلى حوالي (٩,٢ م^٣/ث) وهو ما سيجعل استغلال هذا التكوين في حدود السحب الآمن له ، ويؤدي إن شاء الله إلى إعادة توازنه واستقرار أوضاع المياه بالمحافظة .

- ستكون مياه الشرب مقتصرة على مياه التحلية والمياه الجوفية من منطقة حقل ويسه (خارج الأحساء) بكمية ٢٧٠ ألف م^٣/ يومياً وذلك حسب خطة وزارة الزراعة والمياه سترتفع إلى حوالي ٤٧٠ ألف م^٣/ يومياً حسب خطة هذا البحث . وهذه الكمية تنقص بحوالي ٣٠ ألف م^٣/يومياً عن احتياجات المياه البلدية والصناعية عام ٢٠١٠م المقدرة بحوالي ٥٠٠ ألف م^٣/يومياً أو ٥,٨ م^٣/ث . ويمكن مع اتخاذ بعض التدابير الترشيدية للمياه المنزلية ومياه الشرب أن تفي هذه الكمية

بالاحتياجات وذلك دون اللجوء إلى الضخ للشرب من تكوين النيوجين مما سيساهم في تحسين مناسيبه ويحقق أهداف خطة الوزارة .

- ستتحسن درجة ملوحة مياه الصرف الصحي المنقاة نظراً لزيادة كمية المياه المحلاة .

٧: التوصيات :

أ- ضرورة تحديث الدراسة المائية التي أجرتها وزارة الزراعة والمياه لتقييم وإدارة مصادر المياه بالأحساء عام ١٩٧٧م [٣] وخاصة الجزء الخاص بالنموذج الرياضي ، لأن ذلك سيتيح التنبؤ بدقة أكثر بما سيؤول إليه وضع مناسيب المياه بتكوين النيوجين مستقبلاً في حالة استمرار معدلات سحب المياه الحالية منه ويوضح أبعاد مخاطر الاستمرار بهذا الوضع . كما سيساعد النموذج الرياضي في وضع استراتيجية جديدة لحماية هذا التكوين والمحافظة عليه في ضوء المستجدات التي طرأت .

ب- التعجيل في تنفيذ المرحلتين الثانية والثالثة المعتمدين لمخطة معالجة مياه الصرف الصحي بالهفوف ، نظراً لأن التأخر في ذلك سيؤدي إلى تفاقم أوضاع المياه بتكوين النيوجين ويهدد جدواه سواء من حيث الكمية أو النوعية (شكل رقم ٣) .

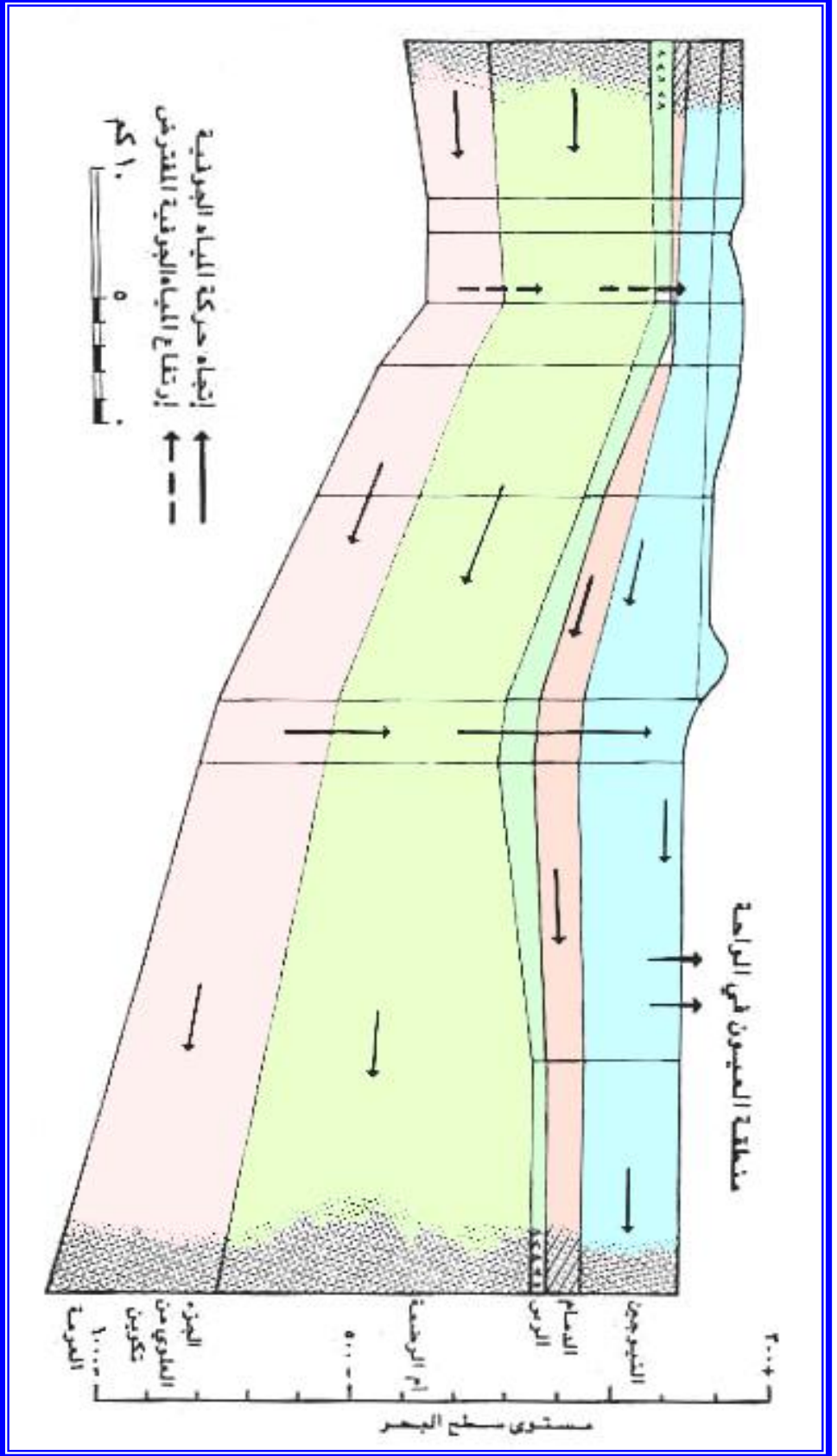
ج- لتغطية الفجوة الحالية والمستقبلية في مياه الشرب يوصى بتزويد محافظة الأحساء بكمية من مياه التحلية تبلغ حوالي ٢٠٠ ألف م^٣/يومياً إضافة إلى كمية إلى ٧٠ ألف م^٣/يومياً التي تم اعتمادها .

د- إن الحاجة ملحة لمراجعة الإجراءات والتدابير والتشريعات الخاصة بالحد من هدر المياه وسوء استخدامها والعمل بالتنسيق مع الجهات ذات العلاقة لاستصدار تشريعات أكثر قوة لدفع عملية ترشيد استخدام المياه ، وكذلك لحماية مصادر المياه الجوفية من خطر الاستنزاف والتلوث سواء بالمملكة أو بقية دول الخليج العربية .

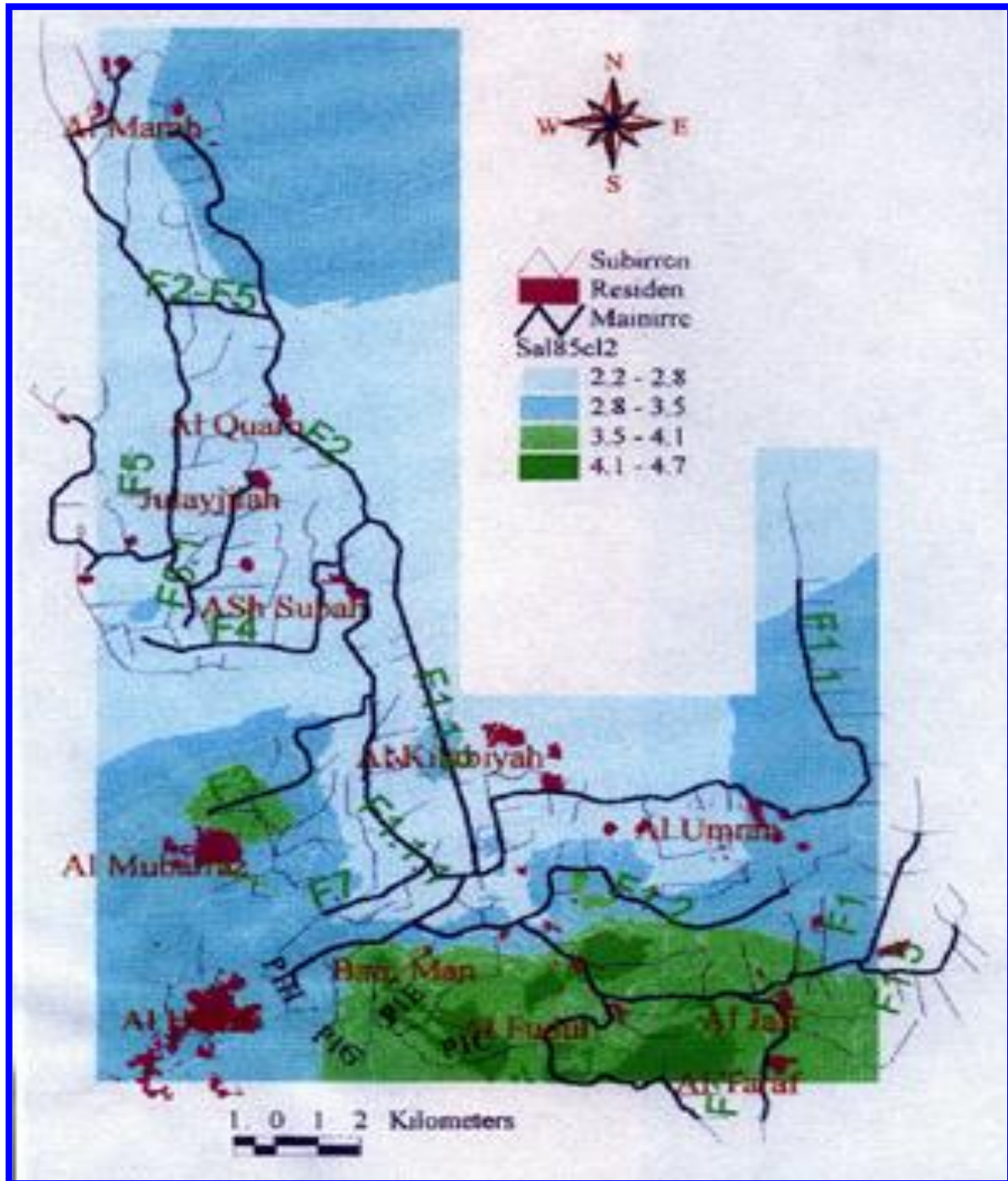
هـ لمقابلة احتياجات التنمية الزراعية مستقبلاً يوصى بدعم وزارة والمياه لتمكين من تنفيذ مشروعها المقترح والذي أجريت له دراسة الجدوى منذ عام ١٤١٤هـ ، الرامي لإيصال مياه الصرف الصحي المنقاة المتوفرة بمدن الدمام والخبر إلى منطقة الأحساء بكمية حوالي ٢٥٠ ألف م^٣/يومياً .

المراجع :

- 1 - Wakuti consulting Engineers : Final Design for the project of improving irrigation and drainage in the region of AL-Hassa – Saudi Arabia . Dec. 1964 .
- 2 - Italconsult,(1969) Water and Agricultural Development for Area 4 – Unpublished report to the Ministry of Agriculture and water.
- 3 - 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
- 4 - الحمين ،ع،ع وحسين ،ع،ح (١٩٨٧م) " أسباب انخفاض مناسيب المياه وتوقف الدفق الطبيعي في عيون الأحساء " تقرير وزارة الزراعة والمياه .
- 5 - بيانات وتقارير عن مصادر المياه المستغلة للري - قسم المياه والتربة - هيئة الري والصرف .
- 6 - الكويتي ،خ،ع وآخرون " الحالة الراهنة لملوحة المياه الجوفية بمنطقة مشروع الري والصرف بالأحساء والعوامل المؤثرة عليها " (الندوة السعودية الأولى لترشيد استهلاك المياه وتنمية مصادرها) وزارة الزراعة والمياه - الرياض - ٢٠٠٠م .
- 7 - الخطيب ،ع (١٩٨٠م) كتاب " سبع سنابل " وزارة الزراعة والمياه - المملكة العربية السعودية .
- 8 - الورثان . ع ، الغنيم " جهود هيئة الري والصرف للاستفادة من أنظمة الري الحديثة في الحد من تدني كفاءة الري الحقلية في بساتين النخيل " الندوة الأولى لترشيد استخدام المياه وتنمية مصادرها - وزارة الزراعة والمياه - الرياض ١٤٢١ هـ .
- 9 - هيئة الري والصرف بالأحساء "دراسة نموذج رياضي وبرنامج ري لمشروع الري والصرف بالأحساء" معهد البحوث - جامعة الملك فهد للبترول والمعادن - الظهران ، ١٩٨٦ م .
- 10 - Abdelrahman,W.and Ukaily,M.,(1983) Strategy of Groundwater use in Al-Hassa Region of Saudi Arabia .
- 11 - أبوبطين ، م (١٩٨٠م) " احتياجات مياه الشرب والري بالأحساء " تقرير منشور - هيئة الري والصرف بالأحساء المملكة العربية السعودية .
- 12 - عثمان ،م،ن (١٩٨٣م) كتاب " الماء ومسيرة التنمية في المملكة العربية السعودية " طبقة تامة .

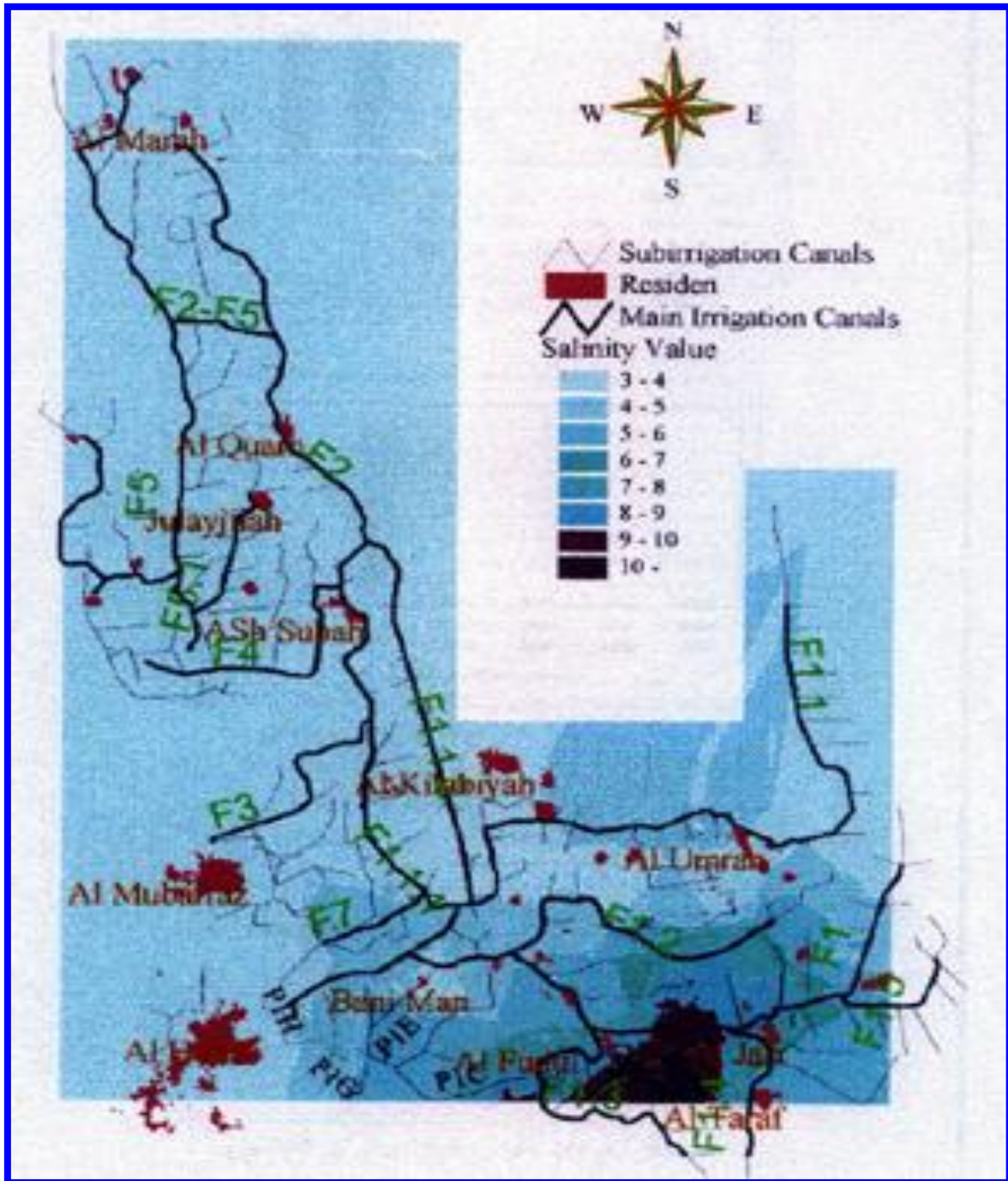


شكل رقم (٢) : قطاع هاندروجرولوجي لخزانات المياه الجوفية بالأحساء . [٣]



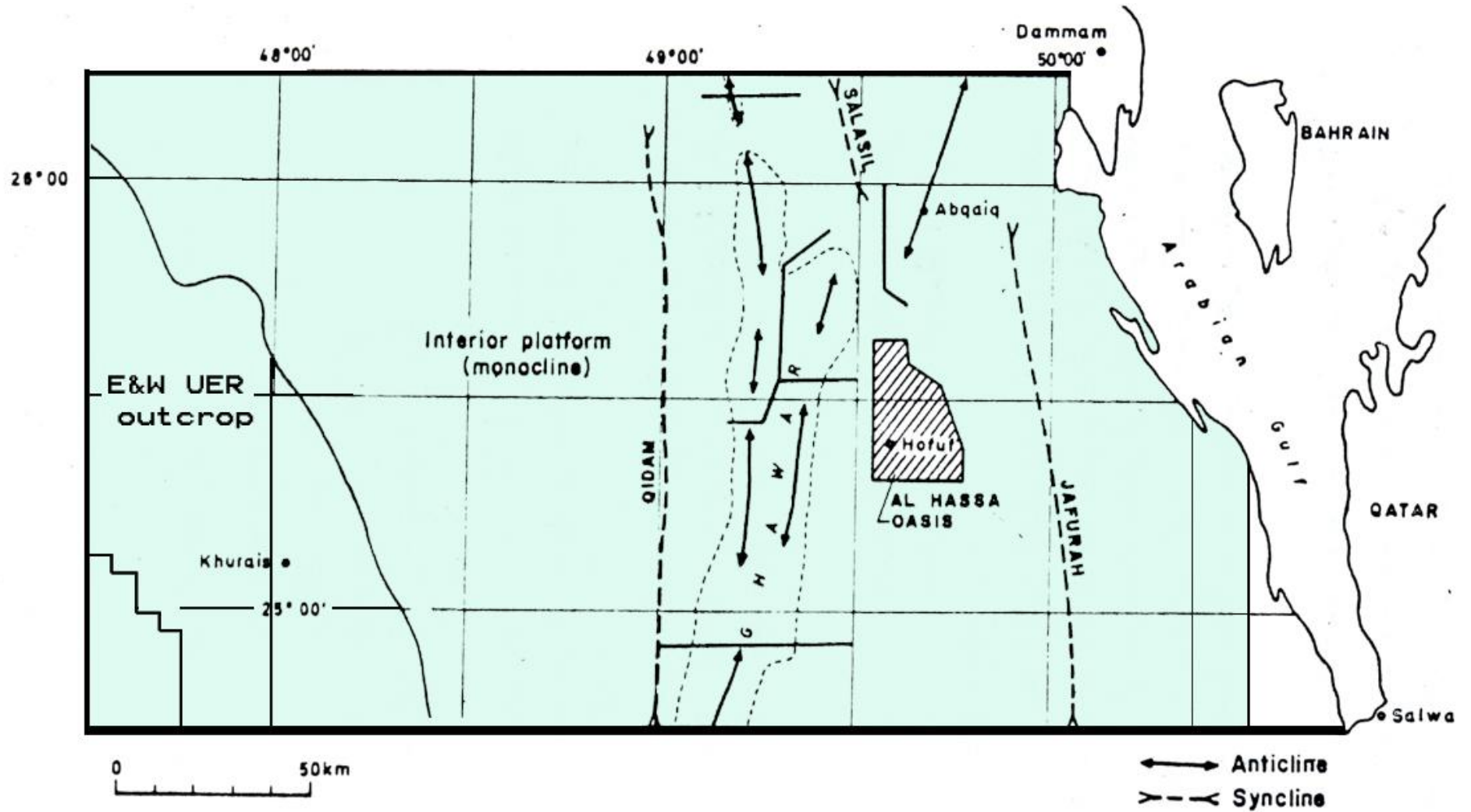
شكل رقم (٤)

التوزيع الجغرافي لدرجة الملوحة لمياه تكوين النيوجين عام ١٩٨٥ م . [٦]

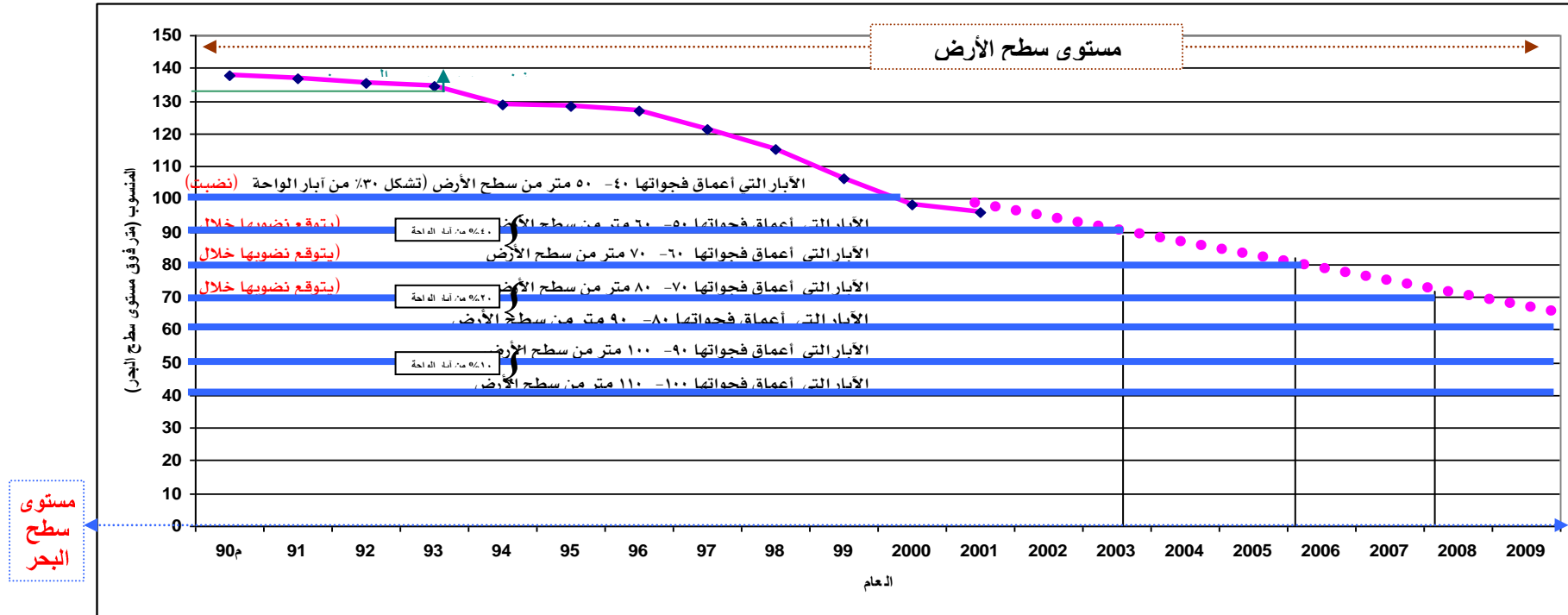


شكل رقم (٥)

التوزيع الجغرافي لدرجة الملوحة في مياه تكوين النيوحين عام ١٩٩٩م . [٦]



أثر السحب العام على طبقة النيوجين بواحة الأحساء



• معدل الهبوط السنوي في الماء 6-7 متر/ سنوياً في ظل استمرار السحب العام بمعدل 4,5 م³/ ثانية .

• العمق الكلي لآبار النيوجين وسط الواحة يتراوح ما بين 100-120 متر حسب المواقع .

جدول رقم (٢)

تطور السحب القائم والمتوقع للمياه من تكوين النيوجين بالأحساء لجميع الأغراض مقارنة بالاحتياجات والمصادر المتوفرة أو المتوقع توفرها حسب خطة وزارة الزراعة والمياه

إجمالي المصادر	كميات سحب المياه الجوفية والمصادر الأخرى (م³/ث)								الاحتياجات (م³/ث)			العام
	المصادر المساندة		مياه تحلية	مياه جوفية من ويسه	إجمالي سحب المياه الجوفية	السحب للري		مياه جوفية للشرب من الأحساء	إجمالي الاحتياجات	الري	البلدية (الشرب) والصناعية	
	مياه صرف زراعي ☉	مياه صرف صحي				الأهالي والجهات الأخرى	المشروع					
١٠,١٢٥	٠	٠	٠	٠	[٣] ١٠,١٢٥	[٣] ٢,٥	[٣] ٧,١	[٣] ٠,٥٢٥	١٠,١٢٥	٩,٦	٠,٥٢٥	م١٩٧٧
١٠,٣٦٠	٠,١٦	٠	٠	٠	١٠,٢٠٠	٣,٠	٦,٦	٠,٦٠٠	١١,٣٠٨	٩,٦	١,٧٠٨	م١٩٨٢
١٥,٩٤٤	٠,٥٢	٠,٠٠٩	٠	★ ٠,٧٣	[٤] ١٤,٦٨٥	٨,٥	٥,٥	٠,٦٨٥	١٣,٤٠٠	١٠,٧	٢,٧٠٠	م١٩٨٧
١٦,٣٠٤	٠,٧٥	٠,٠٤٤	٠	★ ٠,٧٣	١٤,٧٨٠	٩,٨	٤,٢	٠,٧٨٠	١٤,٨٠٠	١١,٣	٣,٥٠٠	م١٩٩٢
١٦,٦٧٧	١,٠٠	٠,٠٤٧	٠	٠,٧٣	١٤,٩٠٠	١٠,٨	٣,٢	٠,٩٠٠	١٥,٩٥٠	١٢,٠٢	٣,٩٠٠	م١٩٩٧
١٦,٧٦٣	٠,٨٠	٠,٠٤٧	٠	٠,٧٣	⊙ ١٥,١٨٦	١١,٦	⊙ ٢,٤	★ ١,١٨٦	١٧,٤٨٣	* ١٢,٩	٤,٥٨٣	م٢٠٠٢
١٧,٨٥٨	٠,٥٤	& ٠,٨٥٧	٠	١,٤٦	١٥,٠٠١	١١,٨	٢,٠	١,٢٠١	١٧,٦٢٣	١٢,٩	٤,٧٢٣	م٢٠٠٣
١٧,٩٥٢	٠,٥٢	٠,٨٥٧	٠	١,٤٦	١٥,١١٥	١١,٩	٢,٠	١,٢١٥	١٧,٧٦٢	١٢,٩	٤,٨٦٢	م٢٠٠٤
١٨,١٨٦	٠,٥٠	١,١٠٠	٠	١,٤٦	١٥,١٢٦	١١,٩	٢,٠	١,٢٢٦	١٧,٩٠٨	١٢,٩	٥,٠٠٨	م٢٠٠٥
١٩,٠٤٠	٠,٤٨	١,١٠٠	٠,٨١	# ٢,٣١	١٥,١٥٠	١١,٩	٢,٠	١,٢٥٠	١٨,٢١٣	١٢,٩	٥,٣١٣	م٢٠٠٧
٢٠,٣٥٨	٠,٤٦	@ ٢,٦٠٥	٠,٨١	٢,٣١	١٤,١٧٣	١١,٩	١,٠	١,٢٧٣	١٨,٥٣٦	١٢,٩	٥,٦٣٦	م٢٠٠٩
١٩,٣٥٨	٠,٤٦	٢,٦٠٥	٠,٨١	٢,٣١	١٣,١٧٣	١١,٩		١,٢٧٣	١٨,٧٠٥	١٢,٩	\$ ٥,٨٠٥	م٢٠١٠

مياه للشرب من مشروع ويسه بمراحله الثلاث (وزارة الزراعة والمياه) .

& اكتمال المرحلة الأولى الثلاثية لتطوير محطة معالجة مياه الصرف الصحي بالهفوف بكمية ٧٠ ألف م³/يومياً .

@ إضافة حوالي ١٣٠ ألف م³/يومياً بعد إكمال جميع مراحل محطات معالجة مياه الصرف الصحي بالأحساء .

\$ قام الباحثان بتقدير احتياجات المياه البلدية والصناعية بناء على عدد السكان ونسبة نمو سكاني ٣% واستهلاك للفرد في اليوم قدره ٣٠٠ لتر [١١] .

* تقديرات الباحثين لاحتياجات مياه الري لمساحة ١٠,٠٠٠ هكتار وكفاءة ري ٤٤% .

★ مصلحة المياه والصرف الصحي بالأحساء .

⊙ تقديرات وقياسات قسم المياه والترتبة - هيئة الري والصرف بالأحساء .

جدول رقم (٣)

التخفيض المتوقع في كمية سحب المياه الجوفية من تكوين النيوجين بالأحساء وفقاً للخطة المقترحة في هذه الورقة ومصادر المياه المتوقع توفرها .

إجمالي المصادر	كميات سحب المياه الجوفية والمصادر الأخرى (م³/ث)							الاحتياجات (م³/ث)			العام	
	المصادر المساندة		مياه تحلية	مياه جوفية من ويسه	إجمالي سحب المياه الجوفية من النيوجين	السحب للري		مياه جوفية للشرب من الأحساء	إجمالي الاحتياجات	الري		البلدية (الشرب) والصناعية
	مياه صرف زراعي	مياه صرف صحي				الأهالي والجهات الأخرى	المشروع					
١٦,٧٦٣	٠,٨٠	٠,٠٤٧	-	٠,٧٣	⊕ ١٥,١٨٦	١١,٦٠٠	⊕ ٢,٤	١,١٨٦	١٧,٤٨٣	* ١٢,٩٠	٤,٥٨٣	م٢٠٠٢
١٧,٠٦٧	٠,٥١	٠,٨٥٧	-	١,٤٦	١٤,٢٤٠	١١,٠٣٩	٢,٠	١,٢٠١	١٧,٠٦٢	١٢,٣٣٩	٤,٧٢٣	م٢٠٠٣
١٦,٤٩٨	٠,٤٨	٠,٨٥٧	-	١,٤٦	١٣,٧٠١	١٠,٤٨٦	١,٨	١,٢١٥	١٦,٦٨٧	١١,٨٢٥	٤,٨٦٢	م٢٠٠٤
١٦,٠٥٩	٠,٤٦	١,١٠٠	-	١,٤٦	١٣,٠٣٩	١٠,٠١٣	١,٨	١,٢٢٦	١٦,٣٦٠	١١,٣٥٢	٥,٠٠٨	م٢٠٠٥
١٦,٤٢٤	٠,٤٤	١,١٠٠	٠,٨١	١,٤٦	١٢,٦١٤	٩,٥٧٦	١,٨	١,٢٣٨	١٦,٠٧٣	١٠,٩١٥	٥,١٥٨	م٢٠٠٦
١٦,٨٦٢	٠,٤٢	١,١٠٠	٠,٨١	# ٢,٣١	١٢,٢٢٢	٩,١٧٢	١,٨	١,٢٥٠	١٥,٨٢٤	١٠,٥١١	٥,٣١٣	م٢٠٠٧
١٥,٢١٥	٠,٤٠	١,١٠٠	٠,٨١	٢,٣١	١٠,٥٩٥	٨,٧٩٥	١,٨	-	١٥,٦٠٦	١٠,١٣٤	٥,٤٧٢	م٢٠٠٨
١٥,٥٥٢	٠,٣٨	٢,٦٠٥	٠,٨١	٢,٣١	٩,٤٤٧	٨,٤٤٧	١,٠	-	١٥,٤٢٢	٩,٧٨٦	٥,٦٣٦	م٢٠٠٩
١٩,١٢٦ +	٠,٣٦	٤,٢١٥	@ ٣,١٢	٢,٣١	٨,١٢١	٨,١٢١	-	-	١٥,٢٦٥	* ٩,٤٦٠	\$ ٥,٨٠٥	م٢٠١٠

اكتمال المراحل الثلاث بمشروع ويسه (خطة وزارة الزراعة والمياه) .

@ تزويد المنطقة بكمية إضافية من مياه التحلية قدرها ٢٠٠ ألف م³/يومياً (مقترحات خطة هذا البحث) .

\$ قام الباحثان بتقدير احتياجات المياه البلدية والصناعية بناء على عدد السكان ونسبة نمو سكاني ٣% واستهلاك للفرد في اليوم قدره ٣٠٠ لتر [١٠]، [١١] .

* تقديرات الباحثين لاحتياجات مياه الري لمساحة ١٠,٠٠٠ هكتار وكفاءة ري ٤٤% .

* تقديرات الباحثين لاحتياجات مياه الري لمساحة ١٠,٠٠٠ هكتار على أساس رفع كفاءة الري ٦٠% .

⊕ تقديرات وقياسات قسم المياه والتربة - هيئة الري والصرف بالأحساء .

★ مياه صرف صحي منقاة من الأحساء بعد اكتمال جميع مراحل تطوير محطة المصلحة بالهفوف .

+ ٢,٨ م³/ث فائض مياه صرف صحي معالج يمكن توجيهه للاستخدام في التشجير والصناعة وتعويض المزارعين اللذين تتعرض آبارهم للتملح أو النضوب في عموم الواحة .