التغيرات النوعية للمياه الجوفية نتيجة استخدام المياه العادمة المعالجة في ري منطقة الغوطة الشرقية

نذير اسماعيل و ياسر المحمد و جميل فلوح

قسم الجيولوجيا ـ كلية العلوم ـ جامعة دمشق

تاريـخ الإيداع 2003/12/23
قبل للنشـر في 2004/06/20

الملخّص

تستخدم مياه الصرف الصحي المعالجة الصادرة عن محطة معالجة عدرا في ري جزء من الأراضـي الزراعية في غوطة دمشق الشرقية بعد نقلها عبر مجموعة من الأقنية المنجزة لهذه الغايـة شـكل (1)، وتشكّل الأراضي المروية بهذه المياه منطقة الدراسة الرئيسة لهذا البحث، والتي تبلغ مـساحتها 18000 هكتار بالإضافة إلى المناطق الأخرى المجاورة لها بهدف المقارنة.

تعد هذه المنطقة من أكثر المناطق المتأثّرة بالنشاط الزراعي والصناعي والنمو الـسكاني المتزايـد، نظراً لما تتمتع به من موارد طبيعية من جهة ووقوعها إلى جانب العاصمة دمشق من جهة أخرى، وقـد قدر حجم مياه الصرف الصحي الواردة إلى المحطة بكمية وسطية قدرها 485000م^3/ يوم [1]. وبذلك يعد مشروع الصرف الصحي وما سينتج عنه من مياه معالجة تستخدم للري في هذه المنطقة من المـشاريع المهمة التي تهدف إلى تأمين مورد مائي إضافي إلى تلك المنطقة التي ازداد فيها الطلب على الماء مقابل تناقص الموارد المائية الذي شكّلت سنوات الجفاف السابقة أحد أهم أسبابه.

ومن هنا فقد هدف هذا البحث إلى الوقوف على التغيرات النوعية الحاصلة للمياه الجوفية في مناطق الغوطة الشرقية المتأثّرة بالري بالمياه العادمة المعالجة. وذلك من خلال رصد تغيـرات نوعيـة الميـاه الجوفية عبر شبكة من الآبار ومعالجة نتائج هذه التحاليل من خلال إسقاطها بشكل خرائط وبياغرامات أو منحنيات ومن ثم مقارنتها مع معطيات المناطق الأخرى المجاورة واستقراء التغيرات الحاصلة والتوصـل إلى معرفة مدى تأثير الري بهذه المياه في نوعية المياه الجوفية.

الكلمات المفتاحية:

The Quality changes of Groundwater Occurrence After Using Treated Wastewater for Irrigation in the Eastern Gota

أسماء الباحثين

ABSTRACT

Treated wastewater which comes from Adra Treatment Station is used for irrigating a part of the agricultural lands at Damascus Eastern Ghota after transferring it by a set of canals constructed for this purpose, Figure No. (1), its area estimated about 18000 hectares in addition to the adjacent areas for comparison object, the irrigated land by this project is forming the main study object of this research.

This area is considered as the most affected area by the agricultural and industrial activities, increasing of population development due to its natural resources on one side and its location near the capital of Damascus on the other hand. The mean value of wastewater volume coming to the station has been estimated at 485000 m3 per day [1]. Therefore, this project is considered as one of the important projects which ensure an additional water resources for that area where water demand increased specifically against decreasing water resources of formerly years of aridity which considered as one of its reasons.

From this point, this research is aimed at clearing out quality changes happened in the groundwater in the Eastern Ghota area which affected with irrigation by treated water, that was due to observing the quality changes of groundwater through a grid of wells and processing these analysis results by making maps, diagrams, and graphs; then comparing them with adjacent areas data, and to read out of these changes and reach knowledge of irrigation effect range by this water on the groundwater quality.

Key Words:

المقـدمة

تشكل الزراعة قطاعاً اقتصادياً مهماً في سورية، وتؤدي دوراً مهماً في تعزيز الأمـن الغذائي، وكذلك تشكل زهاء 60% من الصادرات غير النفطية. ويعمل في هـذا القطـاع 27% من القوى العاملة، ويدعم سبل العيش لقرابة نصف سكان الريف [2].

وفي ضوء الظروف المناخية القاسية وطبيعتها المتغيرة، الذي يقابلـه نمـو سـكاني وازدياد في النشاطات الاجتماعية والاقتصادية، أصبحت الموارد المائية غيـر التقليديـة جزءاً أساسياً من الموارد المائية المتاحة التي يمكن أن تسهم جدياً في سد العجز المـائي المتفاقم وتأمين الاحتياجات المتزايدة للماء.

وبالمقابل فإن استعمال هذه الموارد يقضي بالضرورة تقديمها وفق مواصفات قياسـية معتمدة وبنوعية مناسبة للاستعمالات المختلفة وتحديداً للاستعمالات الزراعية بهدف رفـع كفاءة استخدام المياه والحد من ظاهرة التلوث المائي التي تحد مـن إمكانيـة اسـتخدامها وتلقي بظلالها على الأوضاع البيئية وتؤدي إلى تدهورها.

إذاً ليست المياه العادمة المعالجة مجرد مورد مائي إضافي فحسب بل هي أيضاً الحلّ للتخلّص الآمن من المياه الملوثة ذات التأثير السلبي في البيئة والصحة العامة بما تحملـه من مواد ملوثة ومسببات مرضية.

هـدف البحث ومبرراته

تهدف هذه الدراسة إلى إجراء بحث يتعلق باستعمال الموارد المائيـة غيـر التقليديـة والمتمثلة بالمياه العادمة المعالجة في محطة عدرا, والمستخدمة في الري الزراعـي فـي نطاق الغوطة الشرقية، وأثر ذلك في التغيرات الهيدروكيميائية للمياه الجوفية عبر رصـد تغيرات نوعية المياه السطحية والجوفية في منطقة الدراسة ومقارنة التغيرات الحاصلة في المنطقة المشمولة بالري بالمياه العادمة المعالجة والمنـاطق الأخـرى المجـاورة غيـر المشمولة وتقديم المقترحات المفيدة على أساس نتائج هذه الدراسة. وذلك نظراً لمحدوديـة الموارد المائية في نطاق حوض بردى والأعوج وازدياد الطلـب علـى المـاء وأهميـة استخدام الموارد المائية غير التقليدية وفق الشروط والمواصفات التـي تـضمن حمايـة الأوساط الطبيعية من الملوثات التي قد تحويها هذه الموارد.

الموقع والتضاريس

تشمل منطقة الدراسة الجزء الشمالي من غوطة دمشق الشرقية في إطـار مـنخفض دمشق كما هو مبين في الشكل (1) وتعد المساحة الواقعة في زمام أقنية ميـاه الـصرف الصحي المعالجة وبالتحديد المساحة التي يتم ريها من هذه الأقنية والتي تبلـغ مـساحتها زهاء 18000 هكتار المنطقة الرئيسة للدراسة.

الشكل (1) موقع منطقة الدراسة

تتصف منطقة الدراسة بطبوغرافية منبسطة وفروق ضئيلة في المناسيب, وبميل عام باتجاه الشرق، وبارتفاع وسطي قدره 650م. وتقع منطقة الدراسة ضمن الإحداثيات الآتية:

X=370 Km y=3699 Km

X=396Km y=3721Km وذلك حسب تربيع ميركاتور.

ويبين الشكل (2) خريطة طبوغرافية لمنطقة الدراسة واتجاه الميول فيها, حيث تتميز بانحدارات خفيفة بشكل عام, مع ظهور بعض الميول التي تتجه من الشمال باتجاه الجنوب والتي تساعد في عمليات إسالة المياه بالراحة من محطة المعالجة في عدرا إلى بقية المناطق بمساعدة بعض محطات الضخ المستخدمة لرفع المياه إلى المناطق المرتفعة في المشروع. ويبين الشكل(3) مخططاً ثلاثي الأبعاد لمنطقة الدراسة.

الشكل (2) طبوغرافية منطقة الدراسة

الشكل (3) مخطط ثلاثي الأبعاد لمنطقة الدراسة

الجيولوجيا والهيدروجيولوجيا

1 ـ الوضع الجيولوجي:

يتكون العمود الطبقي لمنخفض دمشق من الأسفل إلى الأعلى من التوضعات الآتية:

أ ـ الكريتاسي الأعلى: ويشمل فترات السينومانيان-التورونيان- السينونيان وتمثل أقدم الصخور التي تظهر في منخفض دمشق وتشغل مساحات واسعة من جبل قاسيون، وتتألف رواسبها على التوالي من: صخور كلسية دولوميتية، دولوميتية كلسية وكلسية غضارية، كلسية وكلسية غضارية حوارية وصوان. تكثر فيها الصدوع بسبب الحركات التكتونية التي أصابت هذه المنطقة [7].

ب ـ الباليوجين: وقد استمرت فيه عمليات الترسيب، ويتكشّف على طرفي محدب قاسيون. ويتألف من صخور مارلية، وغضارية، وحوارية، وكلسية نمولیتية، ويمكن مشاهدة الصوان على شكل عقد وطبقات.[7]

ج ـ النيوجين: وتتميز رسوباته بظاهرتين مهمتين الأولى: طغيان الرسوبيات القارية التي تتألف من الحجر الرملي والكونغلوميرا والمارل والصخور الجصية، التي تتوضع

بعدم توافق زاوي على السطوح الحتية للرسوبات الأقدم، والثانية: كثرة الانـدفاعات البركانية التي استمرت حتى الرباعي.[7]

د ـ الرباعي: تغطي رسوباته بشكل رئيس سهل دمشق وتقسم إلـى ثـلاث فئـات [8]: الأولى التوضعات السيلية وتتألف من الحصى الكلسية الزاوية المتماسكة والغـضار وقليل من الرمال، وتنتشر على السفوح الجبلية الغربيـة والـشمالية مـن الـسهل. والثانية: التوضعات النهرية وتتألف من الحصى بأحجام مختلفة مع رمال وغـضار رملي، وتشغل القسم المركزي من سهل دمشق. والثالثة: التوضعات البحيرية وتتميز بأنها تتشكل من حجر كلسي وحجر كلسي مارلي بحيري وتـداخلات مـن رمـل غضاري وهي تغطي الجزء الشرقي من سهل دمشق.

2 ـ الوضع الهيدروجيولوجي:

يُعد نهرا بردى والأعوج وفروعهما المصدر الرئيس للمياه السطحية وأحد أهم مصادر تغذية المياه الجوفية في منخفض دمشق. وتضم هذه المنطقة عدة آفاق ومعقـدات حاملـة للماء وهي: [7]

1 ـ المياه الجوفية المنتشرة بشكل عشوائي ومتقطع في بازلت الميوسين الأوسط BN12

2 ـ المياه الجوفية المنتشرة بشكل عشوائي ومتقطع في توضعات الربـاعي والميوسـين الأوسط N12+Q

3 ـ المعقد البازلتي الحامل للمياه والعائد للرباعي الأسفل والبليوسين الأعلىBN2p+Q1

4 ـ الأفق الحامل للمياه العائد لبازلت الحديث BQIV

5 ـ االأفق الحامل للمياه في التوضعات البحيرية النهريـة العائـدة للربـاعي الأوسـط والأسفل la Q I-II

6 ـ الأفق الحامل للمياه في التوضعات البحيرية والبحيرية النهريـة العائـدة للربـاعي الأعلى والحديثIII-IV l-la Q

7 ـ الأفق الحامل للمياه في التوضعات النهرية والنهرية السيلية العائدة للرباعي الأعلـى والحديثIII-IV a-ap Q

تُعد المستويات الرباعية الحاملة للماء الأكثر أهمية وتأثّراً بالنشاطات البـشرية فيهـا، وذلك لأسباب عدة تأتي في مقدمتها العلاقة الهيدروليكية الجيدة بينها وبين المياه السطحية وتأثّر نوعية مياه هذه المستويات المباشر بتدهور نوعية المياه السطحية وتحرك الملوثات الواردة من مصادر مختلفة وانتقالها مع المياه السطحية المتسربة إلى هذه الحوامل. وتتميز الوحدات الهيدروجيولوجية في المنطقة بانتشار التوضعات السيلية النهريـة فـي الجـزء الغربي والمركزي من منخفض دمشق، وكذلك التوضعات البحيرية التي تمتد في القـسم

الشرقي للمنخفض وحتى بحيرتي العتيبة والهيجانة، والاندفاعات البركانية في المناطق الجنوبية والجنوبية الغربية من المنخفض [8]

التقانات والتجهيزات المستخدمة والطرق المتبعة في إنجاز البحث

1 ـ التقانات المستخدمة:

استخدم في إعداد هذا البحث حاسب IBM مع ملحقاته من طابعة من نوع Ganon S200 وماسح ضوئي نوع Ganon Multi PASSC50 وغيرها، وقد تم استخدام الأنظمة والبرامج الآتية:

أ ـ نظامي الويندوز 98و2000

ب ـ نظام المعلومات الجغرافية GIS(ARC VIEW) من أجل إنشاء الخرائط ومعالجتها.

ج ـ برامج الـ Office 2000 professional وهي:

ـ برنامج الـ Excel 2000 لإدخال المعطيات ومعالجتها وإخراجها بشكل مخططات ومنحنيات.

ـ برنامج الـ Word 2000 من أجل الكتابة ومعالجة النصوص وإخراجها وطباعتها.

ـ برنامج الرسام لمعالجة المخططات والخرائط وإخراجها.

د ـ البرامج الهيدروجيولوجية وغيرها من البرامج المستخدمة:

ـ برنامج الـ Surfer8 لرسم خرائط التساوي ونطاقات التوزع المتدرج والأشكال الثلاثية الأبعاد.

ـ برنامج الـ Rock work99 من أجل رسم الـ Piper Diagram.

ـ برنامج الـ Photoshop من أجل معالجة بعض الخرائط والصور وإعدادها للطباعة.

2 ـ التجهيزات المستخدمة

آ-الأجهزة الحقلية: جهاز Photometer حقلي لقياس كمية الكلور المتبقي عند قطف العينة مباشرة.

ب- الأجهزة المخبرية:

1- جهاز Spectrophotometer لقياس تركيز شوارد الفوسفات والكبريتات والأمونيا والنترات.

2- جهاز Flame photometer من قياس تركيز شوارد الصوديوم والبوتاسيوم.

3- استخدام طريقة المعايرة التقليدية من أجل الكشف عن شوارد الكلور والكربونـات والبيكربونات.

4- جهاز الامتصاص الذري Atomic absorption من أجل الكـشف عـن العناصـر الثقيلة.

5- جهاز مانوستريك رقمي لقياس المحتوى من BOD.

6- استخدام حواضن خاصة بالاعتماد على الطريقة القياسية الأمريكية للكشف عن كل من COD وSS

3 ـ الطرق المتبعة: أجريت هذه الدراسة على مرحلتين، شـملت **المرحلـة الأولـى** الجولات الحقلية التي استمرت لعامين متتاليين 2000 و2001 وتم خلالها القيام بعمليـات اعتيان (قطف عينات) من نقاط مائية سطحية وجوفية وفق الشروط المخبريـة المتبعـة ونقلها إلى المخبر لتحليلها باستخدام أجهزة خاصة. وتضمنت **المرحلة الثانية** معالجة نتائج القياسات والتحاليل التي تم التوصل إليها خلال المرحلة الأولى.

وضمن هذه الدراسة تم اختيار خمسة مواقع لمراقبة التغيرات النوعية للمياه الجوفيـة في منطقة الدراسة خلال عام كامل، ثم وفي العام الثاني وبالتعاون مع مديريـة مكافحـة تلوث المياه العامة التابعة لوزارة الري تمت زيادة هذه المواقع إلى زهاء أربعين موقعـاً بحيث تغطّي منطقة الغوطة الشرقية لمراقبة التغيرات النوعية الحاصـلة بفعـل تـشغيل مشروع الصرف الصحي والري بالمياه العادمة المعالجة الناتجة عنه وتأثير ذلك في المياه الجوفية في هذه المنطقة.

تمت عمليات الإعتيان شهريا ولمدة عامين متتاليين باستخدام عبوات مـصنوعة مـن البولي إيتلين بسعة تتراوح من 200-500مل وذلك بعد غسل العبوة من 3-4 مرات بماء العينة ثم ملؤها بشكل جيد وإغلاقها بأحكام ثم نقلها إلى حافظة مبردة حتى نهاية الجولـة الحقلية لتنقل بعد ذلك إلى المخبر من أجل إجراء التحاليل المختلفة وباسـتخدام الأجهـزة المختلفة والتي تمت الإشارة إليها في بداية هذا البحث. وبالنسبة للتحاليل الكيميائية السمية (العناصر الثقيلة) فقد تم تتبع تغير قيم ثلاثة فقط منها ولمدة عام واحد فقط، وقـد تمـت عملية الاعتيان الخاصة بهذه العناصر باستخدام عبوات مصنوعة من البولي إيتلين بـسعة 250مل مغسولة بالسلفوكرومي ثم بالماء المقطّر عدة مرات مضافاً إلى العينة التي تمـلأ وتغلق بأحكام 2.5مل من حمض الآزوت المركّز لحفظ العينة، ونقلت بعدها إلى المخبـر المركزي في كلية العلوم لتحليلها باستخدام جهاز الامتصاص الذري كما ذكرنا. ثـم بعـد ذلك وبعد الحصول على نتائج التحاليل قمنا ومن خلال البرامج المتوافرة والسابقة الـذكر بتحليل وإسقاط هذه النتائج ومعالجتها.

ويبين الشكل (4) توزع أقنية الصرف الصحي وأحـواض التهدئـة وآبـار الرصـد الجوفي.

الشكل (4) توزع نقاط الاعتيان السطحي والجوفي

لمحة عن مصادر التلوث في منطقة الدراسة

1 ـ المياه العادمة الصناعية: والتي تتكون من مخلفات عدد كبيـر مـن المـصانع والدباغات والبالغ عددها زهاء 250 مصنعاً وزهاء 170 دباغـة [13]، حيـث ترمـي مخلفاتها إلى البيئة الزراعية المحيطة محملة بجميع أشكال التلوث العـضوي والكيميـائي والسمي، إضافة إلى بعضها الآخر الذي يلقي بمخلفاته إلى شبكة المجاري العامة والتـي تصل بدورها إلى محطة المعالجة في عدرا مؤثِّرة في عملية المعالجة الحيوية فيها.

2 ـ المياه العادمة المنزلية غير المعالجة: والتي ما تزال تصب في مجـرى نهـر بردى إضافة إلى مخلفات المقاهي والمطاعم المنتشرة على طول مجرى النهر التي تلقـي بمخلفاتها في النهر مما يؤدي إلى تلوثه بالمواد العضوية الملوثة إضافةً إلى المواد الصلبة العالقة العضوية وغير العضوية وما ينتج عنها من أنواع مختلفة من الملوثات التي ينتقـل جزء كبير منها إلى غوطة دمشق.

3 ـ التلوث الناجم عن استخدام الأسمدة الزراعية والمبيـدات الحـشرية: والتـي تستخدم بكثرة في هذه المنطقة لزيادة الإنتاج الزراعي.

4 ـ المياه العادمة المعالجة والمستخدمة في الري: وخاصة إن لـم تكـن درجـة المعالجة مقبولة وضمن المواصفات الموضوعة ضمن هذا المجال، يضاف إلى ذلـك مـا يلقى في الأقنية الناقلة لهذه المياه من نفايات صلبة وقمامة وبقايا نباتية وحيوانات نافقـة، وكذلك عدم التعقيم بالكلور بشكل مستمر وأصولي، أو التعقيم بكميات زائدة فـي بعـض الأحيان.

النتائج والمناقشة

1- المياه السطحية:

تم اختيار شهر أيار من عام 2000م لتتبع تغير قيم كل من المعلقات الصلبة والأكسجين الكيميائي المستهلك والأكسجين الحيوي المستهلك في عينات مياه الصرف الصحي قبل المعالجة وبعدها يومياً، فكانت النتائج موضحة في الشكل (5):

شكل (5) قيم الـ SS وCOD وBOD في مياه الصرف الصحي قبل المعالجة الأولية والنهائية وبعدها خلال شهر أيار.

الجدول (1) المواصفات القياسية السورية لمياه الصرف الصحي المعالجة المستخدمة في الزراعة.

فئة الاستخدام / المؤشّر	الخضار المطبوخة	المتنزهات والملاعب وجوانب الطرق	الملاعب الرياضية	الأشجار المثمرة	جوانب الطرق الخارجية	المسطّحات الخضراء	الحبوب والمحاصيل العلفية	المحاصيل الصناعية	الأشجار الحراجية
	أ			ب				ج	
BOD5(mg/L)	30			100				150	
COD(mg/L)	75			200				300	
TSS(mg/L)	50			150				150	
PH	أقل من 9								
NO_3-N(mg/L)	20			25				25	
SO4(mg/L)	300			500				500	
PO_4(mg/L)	20			20				20	

يلاحظ من الشكل (5) أن القيم قد بقيت ضمن حدود المواصفة القياسية السورية جدول (1) المتعلقة باستخدام المياه العادمة المعالجة في الزراعة ما عدا يوماً واحداً تجاوزت فيه قيمة الـCOD حدود هذه المواصفة فيما يخص فئة الاستخدام أ. ويبين الشكل (6) نتائج بعض التحاليل لبعض عينات مياه الصرف الصحي المقطوفة قبل محطة المعالجة وبعدها ومن قناة الري الرئيسة خلال الشهر الأول من عام 2000م حيث نلاحظ أن قيم الـ PH بقيت ضمن حدود المواصفة القياسية السورية لمياه الصرف الصحي المعالجة المستخدمة في الزراعة. وقيم الكبريتات أيضاً كانت قليلة وضمن حدود المواصفة السابقة. وكذلك قيم النترات بقيت ضمن حدود هذه المواصفة، مع ملاحظة أن قيمها انخفضت انخفاضاً كبيراً بعد المعالجة ثم عادت وارتفعت في قناة الري وذلك بفعل دورة النتروجين وتحولاته من جهة أو وجود مصدر آخر للتلوث بها من جهة أخرى كون قناة الري مكشوفة ومعرضة لكثير من مصادر التلوث. وأما بالنسبة لشاردة الفوسفات فيلاحظ تزايد قيمها بعد المعالجة وفي قناة الري عما هي عليه قبل المعالجة بحيث تجاوزت حدود المواصفة القياسية السورية ولفئات الاستخدام الثلاث، وقد يفسر ذلك بأنه وكون الطريقة المتبعة في المعالجة

هي طريقة الحمأة المنشّطة كما هو معروف ومن ثم البكتريا الهوائية التي تنشط بحاجـة إلى طاقة وهذه الطاقة يمكن أن تتأتى من تفكك المعقدات الحاوية على الفوسفات مما يؤدي إلى زيادة تركيزها، وأما بالنسبة لتزايد تركيزها في أقنية الري فقد يعزا بالإضـافة إلـى العامل السابق إلى موت وتفكك بعض البقايا النباتية الممكن وجودها في أقنية الري والتي تؤدي إلى زيادة تركيز الفوسفات أيضا. وبالنسبة لقيم كل من الـ SS وBOD فـيلاحظ أن قيمهما بقيت ضمن حدود المواصفة القياسية السورية في كل من مخرج المحطـة وقنـاة الري، وأما قيم الـ COD فيلاحظ أنها تجاوزت حدود هذه المواصفة عند مخرج المحطـة وذلك فيما يتعلق بفئة الاستخدام (أ) وكذلك تجاوزت قيمها في قناة الري وذلك فيما يتعلـق بفئتي الاستخدام (أ) و(ب).

الشكل (6) تغير قيم بعض الدالات المختبرة قبل المعالجة وبعدها وضمن أقنية الري خلال شـهر كانون الثاني لعام 2000

2 ـ المياه الجوفية:

لقد تم اختيار خمسة مواقع لرصد التغيرات النوعية للمياه الجوفية خلال العـام الأول، ثلاثة منها تقع ضمن نطاق المساحة المتأثّرة بالري بالمياه العادمة المعالجة واثنتان خارج نطاق هذه المساحة، وأما في العام الثاني ومن أجل الإلمام بشكل كافٍ بالتغيرات الحاصلة فقد تمت زيادة عدد هذه المواقع لتصل إلى زهاء أربعين موقعاً نصفها يقع ضمن نطـاق المساحة المتأثّرة بالري بالمياه المعالجة والنصف الآخر خارج نطاق هذه المساحة، وذلك من أجل المقارنة واستقراء التغيرات الحاصلة، حيث سنتناول فيما يلي كل شـاردة علـى حدة ونبين قيم تراكيزها وتغيراتها المسجلة من خلال نتائج هذه الدراسة.

يبين الجدول (2) القيم العليا لبعض الدالات المسموح وجودها في مياه الـشرب وفقـاً لبعض المواصفات الموضوعة ضمن هذا المجال.

من جهة أخرى ولكي نتمكّن من إيضاح العلاقة بين تغيرات نوعية الميـاه الجوفيـة وأعماق مناسيبها في منطقة الدراسة خلال فترة معالجة نتائج التحاليل فقـد قمنـا برسـم خريطتي توزع نطاقات أعماق المياه الجوفية في هذه المنطقة وذلك خلال فترة الفيـضان لعامي 2000 و2001 وفق الشكلين (7 و8).

الجدول (2) المواصفات القياسية لمياه الشرب وفق المواصفة القياسـية الـسورية ومواصـفة الـ(WHO).

الدالة	القيم الاسترشادية لصلاحية مياه الشرب (mg\l) وفق	
	المواصفة القياسية السورية	مواصفة منظمة الصحة العالمية
NH_4	0.05	
NO_2-N	0.01	3[r]
NO_3	45	50
Ca		200
Na	200	200
K		10
CL	250	250
SO_4	250	400
Hco_3		500
Mg		50

الشكل (7) خريطة توزع نطاقات أعماق المياه الجوفية في منطقة الدراسة خلال عـام 2000 م لفترة الفيضان.

الشكل (8) خريطة توزع نطاقات أعماق المياه الجوفية في منطقة الدراسة خلال عـام 2001 م لفترة الفيضان.

يلاحظ من الشكلين السابقين أن أعماق المياه الجوفية كانت أقرب من سـطح الأرض نسبياً في المناطق الخاضعة للري بالمياه المعالجة، وذلك نتيجة استخدام كميات زائدة مـن هذه المياه للري في هذه المناطق وبالطريقة التقليدية (طريقة الغمر)، وهذا ما يؤدي إلـى رشح جزء منها إلى الأسفل رافعةً منسوب المياه الجوفية، مما يؤدي بدوره إلى إنقـاص سماكة النطاق غير المشبع والتقليل من إعاقة الملوثات التي تنتقل من هذه الميـاه أو مـن التربة نفسها أو غيرها من مصادر التلوث الأخرى الموجودة في هذه المناطق، لتصل إلى المياه الجوفية وتسهم في تلوثها بشكل عام.

2-1 الأمونيا: يعد وجود هذه الشاردة مؤشراً إلى التلوث بالمخلفات البشرية كمـا أن وجودها بكميات كبيرة في المياه يشير إلى التلوث الحديث بمياه الصرف الـصحي. ففـي العام الأول يلاحظ ارتفاع في قيم هذه الشاردة بحيث تجاوزت حدود المواصـفة القياسـية السورية الخاصة بمياه الشرب جدول (2) طيلة أشهر العام تقريباً، وذلك فـي المنـاطق المتأثّرة بالري بمياه الصرف الصحي المعالجة وفي منطقة القاسمية الواقعة خارج نطـاق هذه المناطق، ولكن وقوع هذا البئر ضمن أرض زراعية متأثّرة بـشكل كبيـر بأنـشطة بشرية وزراعية وتربية حيوانات قد أسهم في ارتفاع قيمة هذه الشاردة، وأما في منطقـة ميدعا فيلاحظ الانخفاض الواضح في قيم هذه الشاردة البعيدة عن مثل هـذه التـأثيرات. وهذا موضح في الشكل (9).

الشكل (9) قيم شاردة الأمونيا في العينات المختبرة خلال عام 2000 م.

أما في العام الثاني وبعد زيادة مواقع الاعتيان فقد تمكنّا من إسـقاط النتـائج بـشكل خرائط تمثل نطاقات توزع قيم هذه الشاردة في منطقة الدراسة. والـشكلان (10)، (11) يبينان توزع قيم هذه الشاردة في هذه المنطقة خلال شهر كانون الثاني وأيار لعـام 2001 على التوالي.

الشكل (10) توزع قيم شاردة الأمونيا في عينات المياه الجوفية المقطوفة من منطقة الدراسـة في شهر كانون الثاني لعام 2001م

الشكل (11) توزع قيم شاردة الأمونيا في عينات المياه الجوفية المقطوفة من منطقة الدراسـة في شهر أيار عام 2001م.

حيث يلاحظ في شهر **كانون الثاني** أن قيم هذه الشاردة كانت مرتفعة نسبيا وأعلى من حدود المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب في أغلب المنـاطق جـدول (2)، بحيـث تراوحت ما بين 0.05-1.6 ملغ/ل موزعة ضمن ثلاثة قطاعات متزايدة القيمة، باستثناء بعض المناطق التي كانت فيها ما بين 0-0.05 أي ضمن حـدود المواصـفة الـسابقة، ولوحظت أعلى قيمة لهذه الشاردة في منطقي عدرا والريحان المتأثّرتين بـالري بالميـاه المعالجة. وفي شهر **أيار** اقتصرت المناطق التي كانت فيها قيمة هذه الشاردة ضمن حدود المواصفة السابقة على كل من فاسريا وميدعا والمحمدية، وأما بقية المنـاطق فتجـاوزت القيم فيها حدود هذه المواصفة بحيث تراوحت ما بين 0.05-1.7 ملغ/ل موزعة ضـمن ثلاثة قطاعات متزايدة القيمة، حيث يلاحظ أنه لم يقتصر ارتفاع قيمة هذه الشاردة علـى المناطق المتأثرة بالري بالمياه المعالجة وإنما على مناطق أخـرى أيـضا دليـل التـأثير المتراكب للأنشطة البشرية والزراعية في هذه المناطق.

2-2 النترات: وهي مركب يتشكّل في الترب بشكل طبيعي من اتحاد النتروجين مـع الأكسجين، فالهواء الجوي يحتوي على 78% من حجمه مـن النتـروجين وجـزء مـن النتروجين الموجود في الماء يأتي من هذا المصدر[9]. ومصادر النترات متعـددة ولكـن تتأتّى بشكل أساسي من الاستعمالات الزراعية المختلفة والمياه العادمـة المنزليـة. يعـد مركب النتروجين مادة مغذية أساسية للنباتات تأخذها من التربة، وقد تنتقل هذه المركبات إلى المياه الجوفية من خلال رشح مياه الري ومياه الأمطار مما يؤدي إلى تلوثها. وفـي حال التركيزات العالية تسبب تأثيرات ضارة في الصحة وبخاصة على قدرة الـدم علـى حمل الأكسجين ونقله وتوزيعه، مما يؤدي إلى قصر النفس والإصابة بالأزمـات القلبيـة

وأحياناً الاختناق والموت. وتعد النترات أحد أهم العوامل المسؤولة عـن بعـض أنـواع سرطان جهاز الهضم والمثانة في حال تراكيزها العالية، وتؤثّر بشكل أوضح في الأطفال الصغار[9]. ويمكن قياس النترات من خلال تحديد NO3 أوNO3-N.

ويجب التنويه إلى أن عملية غلي الماء قبل الشرب من أجل التعقيم البيولوجي، يساعد الماء المتبخّر منها في زيادة تركيز النترات في الماء المتبقي.

من خلال تتبع تغير قيم هذه الشاردة خلال العام الأول في الخمس مناطق المـذكورة سابقا يلاحظ أن أعلى القيم قد سجلت في منطقة الشيفونية إذ تجاوزت حـدود المواصـفة السورية ومنظمة الصحة العالمية (WHO) وإرشادات الفاو فيما يخص مياه الشرب. وفي منطقة حوش الضواهرة يلاحظ أن هذه القيم قد تجاوزت حدود المواصفة الأولـى خـلال شهر آب، ولكنها بقيت ضمن حدود المواصفة الثانية طيلة أشهر العام. أما في منطقة تـل كردي فيلاحظ أن القيم فيها قد تجاوزت حدود المواصفة القياسية السورية لمياه الـشرب لشهرين من هذا العام، والجدير بالذكر أنه في هذه المناطق يتم استخدام الميـاه المعالجـة بشكل مكثّف في الري وذلك لقربها من حوض التهدئة ومن بدايـة القنـاتين الثـانويتين PC2,PC3 ومن ثم توفّر كميات كافية للري من هذه المياه التي ترشح إلى الأسفل مـؤثرة في نوعية المياه الجوفية وتركيبها، إضافةً إلى مصادر التلوث الأخـرى بهـذه الـشاردة والموجودة في تلك المنطقة والمتمثّلة باستخدام الأسمدة النتروجينية، والمخلّفات الحيوانيـة والنباتية، والحفر الفنية الممكن وجودها هناك. وبالنسبة لمنطقة ميدعا الواقعة خارج نطاق المساحة المتأثّرة بالري بالمياه المعالجة يلاحظ أن قيمة هذه الـشاردة كانـت منخفـضة وضمن حدود المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب، مع الإشـارة إلـى أن المنـسوب الستاتيكي للمياه الجوفية في هذا البئر (سماكة النطاق غير المشبع) بحدود 75م ومن ثـم درجة الحماية للمياه الجوفية من التلوث هنا تكون عالية، هذا من جهة ومن جهة أخـرى وقوع هذه المنطقة خارج نطاق المناطق المتأثّرة بالري بالمياه المعالجة كما ذكرنا وبعدها النسبي عن تمركز الأنشطة المختلفة. وأخيراً في منطقة القاسمية والواقعة أيـضاً خـارج نطاق المساحة المتأثّرة بالري بالمياه المعالجة بشكل مباشر، باستثناء الجريانـات الأفقيـة التي تتجه نحو الشرق، ويلاحظ أيضاً أن قيم هذه الشاردة بقيت منخفضة نـسبياً وضـمن حدود المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب. والشكل (12) يبين لنا هذه التغيرات.

الشكل (12) تغير قيم شاردة النترات في عينات المياه الجوفية المختبرة في العام الأول 2000م.

وأما في العام الثاني وبعد زيادة مواقع الاعتيان كما ذكرنا، فقد قمنا برسم خـريطتين الشكل (13) والشكل (14) تمثلان تغير قيم هذه الشاردة فـي عينـات الميـاه الجوفيـة المقطوفة من منطقة الدراسة خلال شهري كانون الثاني وأيار لعام 2001م على التوالي.

الشكل (13) توزع قيم شاردة النترات في عينات المياه الجوفية المقطوفة من منطقة الدراسة في شهر كانون الثاني لعام 2001م.

الشكل (14) توزع قيم شاردة النترات في عينات المياه الجوفية المقطوفة من منطقة الدراسة في شهر أيار لعام 2001م.

من تتبع تغير قيم هذه الشاردة خلال شهر **كانون الثاني** يلاحظ أنها بقيت منخفضة نسبياً في جميع المناطق ودون حدود المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب، بحيث تراوحت ما بين 7-37 ملغ/ل موزعة ضمن أربعة قطاعات متزايدة القيمة. كما هو مبين في الشكل (13). وبالنسبة لشهر **أيار** يلاحظ خمسة قطاعات الأربعة الأولى بقيت القيم فيها ضمن حدود المواصفة السابقة وتراوحت ما بين 4-45 ملغ/ل ولكن القطاع الخامس كان خارج حدود هذه المواصفة وتراوحت القيم فيه ما بين 45-62 ملغ/ل. وبحيث شمل هذا القطاع أربع مناطق اثنتان منها واقعة ضمن نطاق المساحة المتأثّرة بالري بالمياه المعالجة وذلك دليل على تأثير محتوى هذه المياه من هذه الشاردة في قيمها في عينات المياه الجوفية المختبرة والمقطوفة من هذه المنطقة، وأما في المنطقتين الباقيتين فقد يعزا ارتفاع قيمة هذه الشاردة في عينات المياه الجوفية المقطوفة منهما إلى تأثير الأنشطة البشرية وبشكل خاص استخدام الأسمدة الزراعية خلال هذه الفترة. والشكل (14) يوضح التغيرات الحاصلة خلال الشهر المذكور.

3-2 شوارد النتروجين مجتمعة: تم إسقاط نتائج تحاليل شوارد النتروجين مجتمعة (أمونيا-نتريت-نترات) من خلال خريطة واحدة لكل من شهري كانون الثاني وأيار لعام 2001 كلٍ على حدة، الشكل (15) والشكل (16).

وقد أظهرت النتائج تلوثاً واضحاً وأحياناً عالي المدى وخاصة في المناطق المتأثّرة بالري بالمياه المعالجة. ففي شهر **كانون الثاني** اقتصر عدد المناطق التي بقيت فيها قيم هذه الشوارد مجتمعة ضمن حدود المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب على بعض مناطق جميعها واقعة خارج نطاق توزع أقنية الري بالمياه المعالجة ما عدا منطقة أوتايا. في شهر **أيار** اقتصرت المناطق التي بقيت فيها قيم هذه الشوارد مجتمعة ضمن حدود المواصفة السابقة على منطقتين هما فاسريا وميدعا الواقعتين خارج نطاق توزع أقنية الري بالمياه المعالجة أيضاً. وفي الوقت نفسه يلاحظ تلوث عالٍ بهذه الشوارد في المنطقة المتأثّرة بشكل أكبر بالري بالمياه المعالجة.

الشكل (15) يبين التوزع التدريجي لقيم شوارد النتروجين المختبرة في عينات المياه الجوفية المقطوفة من منطقة الدراسة خلال شهر كانون الثاني لعام 2001م

الشكل (16) يبين التوزع التدريجي لقيم شوارد النتروجين المختبرة في عينات المياه الجوفية المقطوفة من منطقة الدراسة خلال شهر أيار لعام 2001م

2-4 الصوديوم والبوتاسيوم والمغنزيوم والكالسيوم: وهي تمثّل الكاتيونات الرئيسة الموجودة في المياه الجوفية، حيث يعد **الصوديوم** من أهم العناصر التي يمكن أن توجد فيها، وهو غالباً ما يكون على صورة كلوريد الصوديوم الذي يعطي مذاقاً مالحاً للمياه. ومن مصادر الصوديوم في المياه الجوفية مياه الغسيل المتسربة من الطبقات العليا للتربة وكذلك المياه الجوفية ذات الأصل البحري بالإضافة إلى الصخور التي تحتوي على المعادن التي يدخل في تركيبها هذا العنصر مثل معدن الفلدسبار (الألبيت). أما **البوتاسيوم** فيوجد بكميات أقل في المياه الجوفية ويعد من العناصر الضرورية لتغذية النبات حيث يتم امتصاصه بواسطة النبات وهو ما يفسر قلة هذا العنصر في المياه الجوفية مقارنة بالعناصر الأخرى. وأما **الكالسيوم** فيعد من العناصر المهمة التي يمكن أن توجد بوفرة في المياه الجوفية حيث يوجد في الصخور النارية والرسوبية بأشكال مختلفة. وأما محتوى المياه من **المغنزيوم** فيعتمد على نوعية الصخور الحاملة لهذه المياه، وهو يأتي في المرتبة الثانية من حيث الوفرة في المياه الجوفية بعد الكالسيوم [10].

وسوف نقوم بتتبع تغير قيم هذه العناصر في العينات المختبرة وذلك من خلال المخططات في العام الأول ومن خلال الدياغرامات في العام الثاني.

فبالنسبة **للعام الأول** وفي منطقة **الشيفونية** يلاحظ أن شاردة المغنزيوم المقيسة خلال هذا العام في هذه المنطقة سواء تم التعبير عنها كشاردة مغنزيوم [16] أو من خلال نسبة المغنزيوم 100. (magnesium ratio= (Mg/Ca+Mg [12] فإنها بقيت ضمن الحدود المسموح بها. أما بالنسبة لقيم البوتاسيوم فيلاحظ أنها كانت مرتفعة وأعلى بكثير من الحدود التي حددتها منظمة الصحة العالمية [16] بالنسبة لمياه الشرب. وأما قيم الصوديوم فقد تجاوزت هذه الحدود خلال الشهر السادس وكذلك قيم الكالسيوم تجاوزتها خلال أربعة أشهر من هذا العام، بحيث يلاحظ أن أعلى القيم لهذا العنصر قد لوحظت في فترة الفيضان لهذا العام وهذا دليل غنى التربة في هذه المنطقة بمركبات الكالسيوم التي تتحلل وتسهم في إغناء المياه بهذا العنصر. والشكل (15) يوضح هذه التغيرات.

الشكل (17) تغير قيم كل من k^+ وNa^+ وCa^{++} وMg^{++} في عينات المياه الجوفية المقطوفة من منطقة الشيفونية خلال عام 2000.

وفي منطقة **حوش الضواهرة** فإن شاردة المغنزيوم وعند التعبير عنها كشاردة فإنها تجاوزت الحدود المسموح بها وفق [16] وذلك في كل من الشهرين السادس والتاسع، ولكنها بقيت ضمن الحدود المسموح بها عند التعبير عنها كنسبة مغنيزيوم [12]. وبالنسبة

لقيم البوتاسيوم فقد كانت مرتفعة أيضاً هنا وأعلى من الحدود التي حددتها منظمة الصحة العالمية بالنسبة لمياه الشرب. وأما قيم الصوديوم فبقيت ضمن حدود المواصفة السابقة، وبالنسبة لقيم الكالسيوم فقد تجاوزت حدود هذه المواصفة على مدى أربعة أشهر من هذا العام، وهناك أيضاً ارتفاع نسبي واضح في قيم هذا العنصر خلال فترة الفيضان. والشكل رقم(18) يوضح هذه التغيرات.

الشكل (18) تغير قيم كل من+k و+Na و++Ca و++Mg في عينات المياه الجوفية المقطوفة من منطقة حوش الضواهرة خلال عام 2000.

في منطقة **تل كردي** وبالنسبة لتغير قيم شاردة المغنزيوم المقيسة خلال هذا العام فيلاحظ أنه إذا تم التعبير عنها كشاردة فإنها تجاوزت الحدود المسموح بها وفق [16] خلال أربعة أشهر من هذا العام، وعند التعبير عنها كنسبة مغنيزيوم فإنها بقيت ضمن الحدود [12]. وأما قيم البوتاسيوم فكانت مرتفعة وأعلى بكثير من الحدود التي حددتها منظمة الصحة العالمية بالنسبة لمياه الشرب. وأما قيم الصوديوم والكالسيوم فبقيت منخفضة نسبياً وضمن الحدود السابقة باستثناء شهري أيار وأيلول حيث تجاوزت فيهما قيمة الكالسيوم هذه الحدود بقليل. مع ملاحظة انخفاض قيم كل من هذين العنصرين بشكل نسبي واضح في الشهرين السادس والسابع اللذين يتم فيهما استخدام المياه المعالجة بكثافة في الري- وهذا يتوافق مع ارتفاع منسوب المياه الجوفية في هذه المنطقة خلال هذين الشهرين -كما رأينا عند رصد تغيرات المنسوب- مما يدل على أن مصدر الزيادة في هذه القيم هو من التربة نفسها وليس من المياه المعالجة المستخدمة في الري. والشكل (19) يبين هذه التغيرات.

الشكل (19) تغير قيم كل من+k و+Na و++Ca و++Mg في عينات المياه الجوفية المقطوفة من منطقة تل كردي خلال عام 2000.

في منطقة **ميدعا** يلاحظ أن شاردة المغنزيوم بقيت ضمن الحدود المسموح بها سواء تم التعبير عنها كشاردة أو كنسبة مغنزيوم باستثناء الشهر السابع، حيث تجاوزت قيمتها كشاردة الحدود المسموح بها وفق [16]. وأما قيم البوتاسيوم فكانت مرتفعة قليلاً بحيث تجاوزت الحدود التي حددتها منظمة الصحة العالمية بالنسبة لمياه الشرب بقليل وعلى مدى سبعة أشهر من هذا العام. وأما قيم الصوديوم والكالسيوم فبقيت منخفضة وضمن هذه الحدود. والشكل (20) يوضح هذه التغيرات.

شكل (20) تغير قيم كل من+k و+Na و++Ca و++Mg في عينات المياه الجوفية المقطوفة من منطقة ميدعا خلال عام 2000.

أخيرا في منطقة **القاسمية** يلاحظ وبالنسبة لشاردة المغنزيوم أنه عند التعبير عنها كشاردة فإنها تجاوزت الحدود المسموح بها وفق الـ[16[خلال الشهر الأول فقط، وأما عند التعبير عنها كنسبة مغنزيوم فإنها بقيت ضمن الحدود المسموح بها. وأما قيم البوتاسيوم فكانت أيضاً مرتفعة هنا عند إسقاطها على الحدود التي حددتها منظمة الصحة العالمية بالنسبة لمياه الشرب. وقيم الصوديوم والكالسيوم بقيت منخفضة نسبياً وضمن الحدود السابقة باستثناء شهري حزيران وآب اللذين تجاوزت فيهما قيمة الكالسيوم هذه الحدود بقليل. والشكل (21) يبين هذه التغيرات.

الشكل (21) تغير قيم كل من+k و+Na و++Ca و++Mg في عينات المياه الجوفية المقطوفة من منطقة القاسمية خلال عام 2000.

وأما في **العام الثاني** وبعد زيادة مواقع الاعتيان كما ذكرنا مكنّا ذلك من إسقاط النتائج بشكل دياغرامات تعطي صورة أوضح ما يمكن لتوزع نتائج التحاليل العائدة للشوارد الكيميائية الرئيسة المعروفة سواء الموجبة أو السالبة (Ca, Mg, Na, CI, Hco_3, SO_4.) وبشكل نسبي لعدد من العينات ضمن حقول متعددة، وذلك من خلال مخطط يظهر الأيونات المختبرة في حقلين مثلثين ومركز أو موضع متحد تظهر فيه جميع هذه الأيونات. وقد سبق وتحدثنا عن الأيونات الموجبة - وجودها ومصادرها في المياه الجوفية- وفيما يخص الأيونات السالبة يُعد **الكلوريد** من الأيونات المهمة الموجودة في المياه الجوفية حيث يعطي المياه الطعم المالح عندما يرتبط أو يتحد مع أيون الصوديوم. وبالنسبة لأيونات **الكربونات والكبريتات** فهي تأتي بصفة عامة نتيجة ذوبان معادن الكالسيت (كربونات الكالسيوم) والجبس (كبريتات الكالسيوم) الموجودة في التكوينات الجيولوجية للطبقات الحاملة للمياه.

وتبين الأشكال من 22وحتى25 النتائج التي تم التوصل إليها داخل المساحة الخاضعة للري بالمياه المعالجة وخارجها وذلك خلال شهري كانون الثاني وأيار عام 2001م على التوالي.

الشكل (22) توزع نسب الأيونات المختبرة في عينات المياه الجوفية المقطوفة من المناطق المتأثّرة بالري بالمياه المعالجة في شهر كانون الثاني عام 2001م

الشكل (23) توزع نسب الأيونات المختبرة في عينات المياه الجوفية المقطوفة من المناطق غير المتأثّرة بالري بالمياه المعالجة في شهر كانون الثاني عام 2001م

الشكل (24) توزع نسب الأيونات المختبرة في عينات المياه الجوفية المقطوفة من المناطق المتأثّرة بالري بالمياه المعالجة في شهر أيار عام 2001م

الشكل (25) توزع نسب الأيونات المختبرة في عينات المياه الجوفية المقطوفة من المناطق غير المتأثّرة بالري بالمياه المعالجة في شهر أيار عام 2001م

وبنظرة عامة للمخططات السابقة يمكن أن نتوصل إلى الاستنتاجات المسجلة في الجدول الآتي:

الجدول (3) النتائج المستخلصة من الدياغرامات السابقة

توزع نسب الأنيونات في العينات المقطوفة من		
الشهر	**المناطق المشمولة بالري بالمياه المعالجة**	**المناطق غير المشمولة بالري بالمياه المعالجة**
كانون 2	بيكربوناتية كلورية سلفاتية بشكل عام بحيث يلاحظ أعلى نسبة للبيكربونات في منطقة بيت نايم، ويلاحظ أنه في بعض العينات تكون نسبة الكلور أعلى من نسبة البيكربونات كما في الريحان وحوش الضواهرة وحمورية، وبذلك يكون تصنيف العينة في كل منها كلورية بيكربوناتية سلفاتية، وقد بقيت نسبة السلفات قليلة في جميع المناطق بالمقارنة مع نسبة الكلور والبيكربونات.	بيكربوناتية كلورية سلفاتية ما عدا منطقتي عربين ودلبة حيث يلاحظ أن نسبة الكلور هي أعلى بالمقارنة مع نسبة البيكربونات، وتصنف العينة فيهما بأنها كلورية بيكربوناتية سلفاتية، وأما في منطقة القاسمية فيلاحظ فيها ارتفاع ملحوظ في نسبة السلفات بالمقارنة مع نسب الكلور وتصنف العينة فيها بيكربوناتية سلفاتية كلورية.
أيار	بيكربوناتية كلورية سلفاتية باستثناء بعض المناطق التي تصنّف العينات فيها بأنها كلورية بيكربوناتية سلفاتية كما في حوش الضواهرة والريحان وحوش نصري التي تبدي نسبة كلور عالية جدا بالمقارنة مع نسبة كل من البيكربونات والسلفات، أما في عدرا فتكون نسبة السلفات أعلى من نسبة الكلور وتصنّف العينة فيها بأنها بيكربوناتية سلفاتية كلورية.	بيكربوناتية كلورية سلفاتية، باستثناء بعض المناطق التي تبدي نسب كلور عالية مقارنة بنسبة البيكربونات والسلفات كما في الغسولة وحتيتة التركمان وميدعا، وبالنسبة للقاسمية فقد كانت نسبة السلفات فيها هي الأعلى بالمقارنة مع نسب الكلور والبيكربونات بحيث تصنّف العينة فيها بأنها سلفاتية بيكربوناتية كلورية.
توزع نسب الكاتيونات في العينات المقطوفة من		
الشهر	المناطق المشمولة بالري بالمياه المعالجة	المناطق غير المشمولة بالري بالمياه المعالجة
كانون 2	كلسية مغنيزية صودية وبنسبة أقل كلسية صودية مغنيزية.	كلسية صودية مغنيزية وأقل كلسية مغنيزية صودية.
أيار	كلسية مغنيزية صودية وكلسية صودية مغنيزية وكلسية بشكل عام، وأما في بالا وزيدين فيلاحظ ارتفاع	تتناوب ما بين كلسية صودية مغنيزية وكلسية مغنيزية صودية، وبالنسبة لمنطقة فاسريا يلاحظ

	ملحوظ في نسبة الصوديوم بالمقارنة مع الكالسيوم والمغنزيوم بحيث تصنف العينة فيها بأنها صودية كلسية مغنيزية.	ارتفاع كبير في نسبة الكالسيوم بالمقارنة مع المغنزيوم والصوديوم.

من الجدول (3) يلاحظ أن العينات المختبرة سواء أكانت داخل نطاق المساحة المشمولة بالري بالمياه المعالجة أو خارجها، وبناء على توزع نسب الأيونات الرئيسة تصنف عند الأخذ بالحسبان توزع نسب الأنيونات بأنها بيكربوناتية كلورية سلفاتية بشكل عام، مع ملاحظة ارتفاع في نسبة الكلور في بعض المناطق مقارنة بنسبة البيكربونات وخاصة التي تأثّرت بشكل أكبر من تشغيل مشروع الصرف الصحي مثل الريحان وحوش الضواهرة، وأيضاً مناطق أخرى بعيدة عن مثل هذه التأثيرات والتي قد يكون تفكك مركبات الكلور مصدراً لها. ويلاحظ أيضاً أن نسب الكبريتات كانت قليلة نسبياً باستثناء منطقة القاسمية التي لوحظ فيها ارتفاع واضح في هذه النسبة بحيث كانت أكبر من نسبة كل من البيكربونات والكلور في الشهر الخامس وأكبر من الأخيرة في الشهر الأول. وبالنسبة لتوزع نسب الكاتيونات في العينات المختبرة فيلاحظ أن هذه العينات تصنّف بشكل عام بأنها تتناوب ما بين كلسية مغنيزية صودية وكلسية صودية مغنيزية، وهذا يدل على غنى التربة في منطقة الدراسة بمركبات الكالسيوم.

2-5 الفوسفات: تؤدي زيادة نسب الفوسفات إلى ترسيب بعض الفلزات النادرة الموجودة في التربة الزراعية والتي يحتاجها النبات في نموه فتتحول إلى مواد عديمة الانحلال في الماء بحيث لا تستطيع جذور النباتات امتصاصها مع المحاليل الموجودة في التربة الزراعية مما يؤدي في نهاية الأمر إلى بعض النقص في نمو النبات.

ويلاحظ أن قيم هذه الشاردة المسجلة في كل من تل كردي والشيفونية وحوش الضواهرة مرتفعة نسبياً، وأما في منطقة القاسمية فالقيم أيضاً عالية ولكن أقل مما هي عليه في المناطق السابقة، وفي منطقة ميدعا كانت القيم منخفضة نسبياً. وقد تجاوزت معظم هذه القيم في معظم أشهر هذا العام وفي جميع المناطق حدود المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب ما عدا منطقة ميدعا البعيدة عن تأثيرات الأنشطة الزراعية والصناعية، فقد بقيت ضمن هذه الحدود خلال عام 2000م ما عدا شهر آب. والشكل (26) يوضح لنا هذه التغيرات.

الشكل (26) تغير قيم شاردة الفوسفات في عينات المياه الجوفية المقطوفة من منطقة الدراسة خلال عام 2000.

2-6 العناصر الثقيلة:(الرصاص ـ الكروم ـ الكادميوم):

يطلق تعبير العناصر الثقيلة على مجموعة كبيرة من العناصر التي يعد أغلبها ضرورياً للنمو النباتي كالحديد والمنغنيز والزنك والنحاس، وعلى الرغم من أن بعض الدراسات تشير إلى أن التراكيز المنخفضة من بعض المعادن الثقيلة كالكادميوم والرصاص والنيكل والكروم تعد ضرورية لنمو النبات وصحة الحيوان (هيتشينسون Hutchinson 1981، اندير وود Underwood، 1977) [11] إلا أن التراكيز العالية منها تعد ضارة بصحة الحيوان والإنسان على حد سواء. وبشكل عام تُعد الفعاليات البشرية وبخاصة استخدام مياه عادمة ذات مصدر صناعي أحد أهم مصادر التلوث بهذه العناصر ولذا لا بد من أخذ تركيز هذه العناصر بالحسبان عند التفكير بمشاريع ري جديدة باستخدام المياه العادمة المعالجة. ويعد الكادميوم والزئبق من أكثرها سمية، والرصاص من أقلها. مع الإشارة إلى الطبيعة التراكمية لهذه العناصر والتي تزيد من خطورتها التي تعتمد بدورها على الكميات المستهلكة ومعدل الاستهلاك.

سوف نعرض الآن نتائج التحاليل التي تم التوصل إليها فيما يخص محتوى العينات التي قُطفت من بعض هذه العناصر(رصاص ـ كروم ـ كادميوم) خلال عام 2000م ومدى مطابقتها للمعايير والمواصفات الموضوعة ضمن هذا الإطار. ويوضح الجدول (4) الحدود المسموح بها من العناصر الثقيلة وفق المواصفات القياسية المختلفة لكل من مياه الشرب والري.

الجدول (4) الحدود العليا لقيم بعض العناصر الثقيلة والمسموح وجودها في مياه الشرب وفق بعض المواصفات.

العنصر	مياه الشرب		مياه الري	
	المواصفة القياسية السورية	مواصفة منظمة الصحة العالمية (WHO)	منظمة الأغذية والزراعةFAO	الأكاديمية الأمريكية للعلوم
الرصاص Pb	0.01	0.01	5	5
الكروم Cr	0.05	0.05	0.1	0.1
الكادميوم Cd	0.005	0.003	0.01	0.01

والأشكال من 27 حتى 31 تبين تغير قيم هذه العناصر في خمس مناطق من منطقة الدراسة عام 2000م.

الشكل (27) توزع قيم العناصر الثقيلة في عينات المياه الجوفية المقطوفة من منطقة الشيفونية خلال عام 2000

الشكل (28) توزع قيم العناصر الثقيلة في عينات المياه الجوفية المقطوفة من منطقة حوش الضواهرة خلال عام 2000.

الشكل (29) توزع قيم العناصر الثقيلة في عينات المياه الجوفية المقطوفة من منطقة تل كردي خلال عام 2000

الشكل (30) توزع قيم العناصر الثقيلة في عينات المياه الجوفية المقطوفة من منطقة ميدعا خلال عام 2000

الشكل (31) توزع قيم العناصر الثقيلة في عينات المياه الجوفية المقطوفة من منطقة القاسمية خلال عام 2000

مما سبق يلاحظ بالنسبة لقيم **الرصاص** أن جميع هذه القيم تجاوزت حدود المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب خلال كل أشهر عام 2000م في المناطق الثلاث الأولى المتأثرة بالري بالمياه المعالجة، وخلال معظم الأشهر بالنسبة للمنطقتين الأخيرتين غير المشمولتين بالري بهذه المياه، وبالنسبة لمواصفة منظمة الفاو الخاصة بمياه الري فإن قيم هذا العنصر بقيت ضمن الحدود المسموح بها وفي جميع المناطق. وأما بالنسبة لعنصر **الكروم** فقد تجاوزت قيمه الحدود المسموح بها لمياه الشرب وفقاً للمواصفة القياسية السورية لمياه الشرب في أغلب أشهر السنة، وذلك سواء بالنسبة للمناطق المتأثّرة أو غير المتأثّرة بالري بالمياه المعالجة، وذلك باستثناء منطقة ميدعا الواقعة إلى الشرق والتي بقيت القيم فيها ضمن حدود المواصفة السابقة ما عدا شهرين فقط من هذا العام، وبالنسبة لأغراض الري وفقاً لمواصفة منظمة الفاو وفيما يتعلّق بالمناطق الخاضعة للري بالمياه المعالجة، فقد تجاوزت القيم فيها حدود هذه المواصفة لبعض الأشهر أيضاً، ولكن بقيت ضمن هذه الحدود بالنسبة لمنطقة ميدعا، وخرجت عنها لشهرين بالنسبة لمنطقة القاسمية. وبالنسبة لعنصر **الكادميوم** تجاوزت قيمه الحدود المسموح بها لمياه الشرب وفقاً للمواصفة القياسية السورية خلال جميع أشهر السنة تقريباً، وذلك بالنسبة للمناطق المتأثّرة أو غير المتأثّرة بالري بالمياه المعالجة ما عدا ميدعا التي كانت القيم فيها ضمن حدود هذه المواصفة لبعض أشهر هذا العام. وبالنسبة لمياه الري وفقاً لمواصفة منظمة الفاو بهذا

الخصوص فقد كانت القيم متغيرة ما بين داخل هذه المواصفة وخارجها في جميع المناطق خلال هذا العام عدا منطقة ميدعا التي كانت القيم فيها ضمن حدودها.

ونشير أخيراً إلى وجود عدد من الدراسات والبحوث ورسائل الماجستير المتعلّقة بنوعية المياه السطحية والجوفية في منطقة الغوطة، والتي هدفت إلى رصد التلوث المائي والإشارة إليه بشكل عام، وقد كان آخر هذه الدراسات الدراسة التي قامت بها مؤخّراً منظمة الفاو بالتعاون مع مديرية الري العامة لحوض بردى والأعوج [17] والتي أثبتت وجود تلوث واضح بالمعادن الثقيلة وبعض الملوثات الكيميائية الأخرى في عينات المياه الجوفية المقطوفة من عدة آبار في منطقة الغوطة الشرقية.

الاستنتاج العام

من خلال تتبع نتائج التحاليل السابقة يمكن القول: إن **المياه المعالجة** الصادرة عن المحطة مقبولة من حيث إزالة الحمل العضوي الملوث والمواد العالقة، وكذلك محتواها من النترات وفقاً للمواصفة القياسية السورية لمياه الصرف الصحي المعالجة والمستخدمة في الزراعة، ولكن يلاحظ زيادة في قيم شاردة الفوسفات وفقاً للمواصفة السابقة. وبشكل عام يمكن القول بأفضلية عدم استخدام هذه المياه للري المقيد، كما نقترح في هذا المجال ضرورة العمل على تحسين أداء محطة المعالجة بإضافة مرحلة ثالثية إلى المعالجة، وكذلك ضرورة اتخاذ الإجراءات اللازمة لمنع رمي الحيوانات النافقة وغيرها من الملوثات الأخرى في أقنية الصرف الصحي عن طريق تغطيتها بشبك معدني على سبيل المثال. وبالنسبة **للمياه الجوفية** فيلاحظ أن محتواها من الأمونيا والنترات بالنسبة لبعض المناطق المتأثّرة بالري بالمياه المعالجة كان أعلى بشكل عام مقارنة بالمناطق الأخرى البعيدة عن هذا التأثير، كون المياه المعالجة في معظمها مياه صرف منزلية حاملة للمخلفات البشرية، إضافة إلى الملوثات الأخرى للمياه المعالجة التي ترمى في الأقنية الناقلة لها، والأسمدة الزراعية المستخدمة في هذه المناطق، حيث يلاحظ تجاوز قيمة هذه الشاردة حدود المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب في بعض المواقع خلال شهر أيار لعام 2001م. وبالنسبة للأيونات الرئيسة ($Ca, Mg, Na, CI, Hco_3, SO_4$.) فإن نتائج التحاليل قد بينت أن قيمها بشكل عام كانت واحدة تقريباً بالنسبة للمناطق الخاضعة وغير الخاضعة للري بالمياه المعالجة، ونقدر سبب ذلك بأن المصدر الرئيس لهذه الأيونات هو التربة نفسها، ولكن يلاحظ ارتفاع نسب الكلور في بعض المناطق المتأثّرة بالري بالمياه المعالجة مثل الريحان وحوش الضواهرة. وبالنسبة لمحتوى المياه الجوفية من العناصر الثقيلة التي تم تتبع تغيراتها يمكن القول أن هذه المياه ملوثة بشكل كبير بالنسبة لمحتواها من عنصر الرصاص وفق حدود المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب، ومن ثم هذه

المياه غير صالحة للشرب، سواء بالنسبة للمناطق المتأثّرة أو غير المتأثّرة بالري بالمياه المعالجة. وبالنسبة للاستعمال لأغراض الري فإن جميع القيم كانت ضمن الحدود المسموح بها طيلة أشهر عام 2000م وفق حدود مواصفة منظمة الفاو بهذا الخصوص. ومن المصادر المحتملة لهذا العنصر عوادم السيارات وسقوط الأمطار الحاملة لهذه الغازات وخاصة بعد فترات الانحباس المطري، والتي تتجمع بدورها وتصب في شبكة الصرف الصحي المؤدية إلى محطة عدرا، إضافة إلى بعض المخلفات الصناعية وحرق القمامة والنفايات، والأسمدة الفوسفاتية والمبيدات الحشرية، ومحطات تشحيم السيارات وغسيلها. وبالنسبة للكروم فقد بينت الاختبارات أن هذه المياه غير صالحة للشرب أيضاً وفقاً لحدود المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب، وذلك بالنسبة للمناطق المتأثّرة أو غير المتأثّرة بالري بالمياه المعالجة عدا منطقة ميدعا التي بقيت القيم فيها منخفضة بشكل عام. حيث إن صناعة دباغة الجلود هي أكبر مصدر ملوث بهذا العنصر إضافة إلى الصناعات النسيجية والأصبغة ومياه الصرف الصناعي الأخرى. وبالنسبة لاستعمالات المياه الجوفية لأغراض الري فقد كانت قيم هذا العنصر وفقاً لمواصفة منظمة الفاو بهذا الخصوص متغيرة ما بين داخل حدود هذه المواصفة وخارجها، هذا بالنسبة للمناطق الثلاث الخاضعة للري بالمياه المعالجة، وأما في منطقتي ميدعا والقاسمية غير الخاضعتين للري بهذه المياه فقد كانت القيم في الأولى ضمن حدود المواصفة السابقة وتجاوزتها لشهرين فقط في الثانية. وأخيراً فيما يخص عنصر الكادميوم فقد بينت النتائج وجود تلوث بهذا العنصر وفقاً لحدود المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب بحيث تجاوزت القيم وفي جميع المناطق طيلة أشهر هذا العام حدود هذه المواصفة باستثناء منطقة ميدعا التي بقيت القيم فيها ضمن حدود هذه المواصفة بعض أشهر هذا العام، وفقاً لذلك يمكن القول: إن المياه الجوفية في هذه المناطق غير صالحة للشرب. وبالنسبة لمواصفة الفاو الخاصة بمياه الري فقد تغيرت قيم هذا العنصر ما بين داخل حدود هذه المواصفة وخارجها في جميع المناطق المدروسة عدا منطقة ميدعا التي كانت القيم فيها ضمن حدود هذه المواصفة طيلة أشهر عام 2000م. وضمن هذا الإطار نشير إلى أن هناك عدة بحوث ودراسات نفذّت في منطقة الغوطة من عام 1997 وحتى عام 2003 أشارت إلى تلوث واضح بهذا العنصر، وقد أشار إلى ذلك المرجع [7] وذلك في كل من يلدا ودير العصافير وحرستا وجرمانا ومنطقة الدباغات وكان آخر هذه الدراسات، كما ذكرنا، الدراسة التي قامت بها الفاو(منظمة الأغذية والزراعة العالمية التابعة للأمم المتحدة) بالتعاون مع مديرية الري العامة لحوض بردى والأعوج [17] والتي بينت التلوث العالي المدى بهذا العنصر في آبار المياه الجوفية التي اختارتها هذه الدراسة. مع الإشارة إلى أن المصادر المحتملة للتلوث بهذا العنصر هي أملاح الكادميوم التي تدخل في الصناعات النسيجية والبلاستيكية والدهان والبطاريات وكذلك الأسمدة الفوسفاتية والمبيدات الحشرية والفطرية وغيرها. وبالمحصلة يمكن القول: إن جميع المناطق المدروسة كانت ملوثة بدرجة أو

بأخرى بهذه العناصر الثقيلة الثلاثة (رصاص، كروم، كادميوم) وذلك سواء بالنسبة لميـاه الشرب أم مياه الري وفق المواصفات المعتمدة باستثناء منطقة ميدعا التي بقيت القيم فيها منخفضة وذلك لبعدها عن المؤثرات الصناعية والبشرية والري بالمياه العادمة المعالجة.

المراجـع REFERENCES

1 ـ نحلاوي، زياد.، مشروع الصرف الصحي وإعادة استخدام المياه العادمة، دمشق1998.

2 ـ مـشروع تعزيـز القـدرات فـي إعـادة اسـتخدام الميـاه العادمـة المعالجـة أغـراض الـري (A)FAO - TCP/SYR/0167. [غير منشور]

3 ـ ديب، عاطف.، إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري دمشق، 2000.

4 ـ فلوح، جميل.، الإدارة الكمية والنوعية للمياه وتنميتها المستدامة في حوض نهري بردى والأعـوج في الجمهورية العربية السورية، دمشق 1999.

5 ـ نظام مياه الصرف الصحي المعالجة وإعادة استخدامها-

6 ـ عودة، محمود.، الاستخدام الآمن للمياه العادمة المعالجة في الزراعة، دمشق 2003.

7 ـ العمارين، عمار.، دراسة هيدروجيوفيزيائية لحقول آبار مياه الشرب فـي مدينـة دمـشق-رسـالة ماجستير- دمشق 2000.

8 ـ روفائيل، نبيل.، و قضماني، صـلاح الـدين.، تقيـيم شـبكة الرصـد الجـوفي لـسهل دمـشق، الرياض،1986.

9 ـ خليفة، محمد ضو.، النترات وتأثيرها في مياه الشرب – مقال إنترنت.

10ـ القبي، محجوب عمر.، دراسة الوضع المائي-مشروع طمينة الزراعي بمنطقة مصراتة وانعكاساته المختلفة - مقال إنترنت.

11ـ أكساد، مركز الأبحاث العلمية والبيئية، جامعة دمشق، الرصد الحيوي والـسمي لظـاهرة التلـوث الناجمة عن استخدام مياه نهر بردى والمياه الجوفية في ري المزروعات، دمشق 1995.

12ـ خليل، محمود عبـد العزيـز إبـراهيم.، العلاقـات المائيـة ونظـم الـري، منـشأة المعـارف-الإسكندرية،1998.

13ـ المحمد، ياسر.، دور المياه العادمة في التغيرات الهيدروبيئية في غوطة دمشق،الإسكندرية، 2001

14- Water resources use in Barada and Auage Basins for irrigation of crops, Moscow,1988.

15- WHO. La qualite/ de l,eau en agriculture Internet article.(بالفرنسية)

16- WHO: “Guidelines For Drinking Water Quality”3Volumes, WHO, Geneva, 1980

17- Andreas N. Angelakis., Water Resources Management in SAR, with emphasis on non-conventional sources, Damascus, 2003