1.الفصل الأول

الدراسات السابقة

1-1 تعريف المياه

الماء مركب كيميائي سائل شفاف ليس له طعم أو رائحة أو لون و لا يوجد في الطبيعة بشكله الكيميائي النقي و إنما يكون محتويا على شوائب مختلفة، واكتشف التركيب الكيميائي للماء بصيغته (H_2O) العالم الإيطالي ستنزالو كانزارو عام 1860م. وتحتاج كل ذرة من ذرتين الهيدروجين في جزئ الماء إلى إلكترون إضافي في مدارها الخارجي لتصبح ثابتة كيميائياً، لذلك تشارك كل واحدة بإلكترونها مع ذرة الأكسجين برابطة تساهميه ليصبح المركب مكتملاً ويكونا في حالة ثبات، والوزن الجزيئي للماء 18، ويغطي الماء سبع أعشار سطح الأرض، وتبلغ كميته $1.38X10^9$ كيلومتر مكعب (Sigee,2005).

2-1 المياه الجوفية

يقصد بمصطلح المياه الجوفية جميع المياه الموجودة داخل الطبقات الصخرية تحت سطح الأرض (البسام،2001). و تختزن المياه الجوفية في طبقات صخرية مسامية مثل الصخور الرملية Sandstone، وفي الرسوبيات المنفذة للمياه مثل ترسبات الرمل والحصى أو في الشقوق الموجودة في الصخور المتشققة مثل الصخور الجبسية Limestone. و يدعى التكوين الأرضي من الصخور أو الرسوبيات المحتويه على الماء عادة بالتكوين المائي الجوفي أو الحوض الجوفي Aquifer (دليل جيمس للمياه، 1997).

1-2-1 مصادر المياه الجوفية

تشمل مصادر المياه الجوفية المطر الذي يخترق التربة بواسطة مسامات وشقوق التكوينات الصخرية ثم يصل إلى خزانات المياه الجوفية، وحيث أن منشأها هو تكثف بخار الماء الموجود

في الغلاف الجوي فأنها تعرف بمياه الغلاف الجوي (البسام،2001). و الرشح من مياه البحيرات والأنهار وكذلك الرشح المتبقي من فائض الري من القنوات يعتبر مصدرا صناعيا مغذيا للمياه الجوفية (الصالحي و الغريري، 2004). و تتواجد المياه الجوفية بعدة هيئات مثل مياه في حالة صلبة كما في المناطق المتجمدة، مياه في حالة بخار يملأ مسامات وشقوق الصخور، مياه هيدروسكوبية تحيط بجزيئات الصخور على شكل غشاء (البسام،2001).

2-2-1 تقسيم المياه الجوفية

تقسم المياه الجوفية من حيث القدم إلي ثلاثة أنواع، أولا المياه القديمة وهي المياه التي تكون خارج إطار الدورة الهيدرولوجية و نشأت مع نشأة الصخور الرسوبية، ثم المياه المحفوظة في مسامات الصخور الرسوبية، وأخيرا المياه الجوفية الحديثة التي تكونت بسبب الدورة الهيدرولوجية (الصالحي و الغريري، 2004). ومن حيث القابلية للتجديد تقسم إلى مياه جوفية قابلة للتجديد من مياه الأمطار وهي مياه الآبار غير العميقة التي يجري حفرها على أعماق 100م أو أقل، ومياه جوفية غير قابلة للتجديد وهي عميقة (الطرباق، 1997).

3-2-1 العوامل المؤثرة على مستوى وكمية المياه الجوفية

تتغير كمية ونوعية المياه الجوفية مع الزمن، و يمكن أن يكون التغير مؤقتا أو مستمرا ويتأثر بعدة عوامل منها الطبيعية مثل تساقط الأمطار والثلوج وجريان المياه السطحية والتبخر والضغط الجوي، وهناك عوامل اصطناعية مثل ضخ المياه من الطبقات المائية بواسطة الآبار وكذلك إقامة السدود (الصالحي و الغريري، 2004). وقد استطاع العلم الحديث تقدير كمية المياه الجوفية العذبة في العالم وهي تفوق بكثير كميتها المتوفرة فوق سطح الأرض. و تشير دراسات برنامج الأمم المتحدة للبيئة إلى أن المياه الجوفية تمثل حوالي 22% من حياة اليابسة، وتمثل أيضا ما يقرب من 98% من مجموع المياه العذبة في العالم، كما تمثل أيضاً ما يقرب من 0.6% من مجموع المياه الموجودة على الكرة الأرضية متضمنة مياهاً عذبة وأخرى مالحة، وغالبا ما تكون القريبة من سطح الأرض عذبة، أمّا ألتي تكون على أعماق سحيقة فنجد في مياهها نسبة عالية من الأملاح التي ذابت فيها أثناء رحلتها الطويلة إلى باطن الأرض (البسام،2001). ويبلغ إجمالي الموارد المائية من المياه الجوفية في المملكة العربية السعودية حوالي 3 مليار متر مكعب (مصطفى،2001). وتتواجد هذه المياه في عدة تكوينات منها تسعة رئيسية هي: متكون الوجيد، تبوك، المنجور، البياض، الوسيع، الدمام، النيوجين، إم الرضومة و تكوين الساق، بالإضافة إلى

أحد عشر متكوناً ثانوياً هي: طبقة الجوف، طبقة بروات بمنطقة عرعر، طبقة خف و الجله بمنطقة الرياض، طبقة ضرماء بضرما، طبقة سكاكا و طبقة العرمه بالحدود الشمالية (مصطفي ، 1983).

3-1 تلوث المياه الجوفية

ينقسم التلوث على أساس مصدره إلي قسمين الأول طبيعي مثل البراكين والثاني بشري مثل الإنفجارات النووية. وتقسم الملوثات الخاصة بالمياه بعدة طرق فهناك من قسمها إلى قسمين ملوثات عضوية وغير عضوية (شرف، 1995). و اعتمد بعض العلماء على معدل تحللها فقسمها إلى ملوثات لا تتحلل أو تتحلل ببط، وملوثات قابلة للتحلل الكيميائي أو البيولوجي السريع (السالمى، 1997). وتتعرض هذه المياه إلى التلوث بسبب المخلفات البلدية، نفايات المصانع، المناجم، مخلفات المواد المشعة، الأسمدة الصناعية، المبيدات بأنواعها، المشتقات البترولية و أسباب الأخرى، إلا أن عامل الإهمال وعدم التخلص من الملوثات بصورة تحافظ على البيئة هو القاسم المشترك لها جميعا (الجدول رقم 1). ويقسم تلوث المياه إلى التلوث الفيزيائي، التلوث البيولوجي، التلوث الكيميائي و التلوث الإشعاعي (باقادر وآخرون،1989).

1-3-1 التلوث الفيزيائي

هو كل ما يضاف إلى الماء ويمكن إزالته بطرق معالجة الصفات الطبيعية، ويتسبب هذه التلوث في تغيير بعض الصفات الفيزيائية مثل (اللون، الطعم، الرائحة، العكاره) وتتكون هذه الملوثات من تخلف وترسب المواد العالقة في الماء، سواء كانت من أصل عضوي أو غير عضوي.

2-3-1 التلوث الكيميائي

ينتج هذا التلوث غالباً عن وجود الأنشطة الصناعية، الزراعية، خزانات الوقود والمواد البترولية بالقرب من الموارد المائية، مما يؤدي إلى تسرب الملوثات المختلفة إليها، مثل الأملاح، الأحماض، الأسمدة، المبيدات، الزيوت والمشتقات البترولية.

3-3-1 التلوث الميكروبي

يحدث هذا التلوث بسبب وصول الكائنات الممرضة مثل البكتريا إلي المياه عن طريق تسرب مياه الصرف الصحي إليها، أو تبرز وتبول الناس في الدول الفقيرة في الأماكن المكشوفة، أو في الحروب باستخدام الأسلحة البيولوجية.

4-3-1 التلوث الإشعاعي

تنتج المواد المشعة من تلك العناصر التي تكون أنويتها غير مستقرة حيث تتعرض النواة للتآكل وبسببه يحدث الإشعاع، وتتكون عاجلاً أو آجلاً أنوية لعناصر أخرى جديدة تكون أكثر استقراراً وتسمى هذه العملية بالنشاط الإشعاعي أو التحلل الإشعاعي. ويمكن تصنيفها بعدة طرق سواء حسب خواصها إلى أشعة مؤينة وغير مؤينة أو حسب مصدرها إلى أشعة ذات مصدر طبيعي مثل الأشعة الكونية التي تصل إلى الأرض والعناصر المشعة الموجودة في التربة، وفي أخشاب الغابات أو ذات مصدر صناعي مثل أشعة ليزر و إكس. ينتج التلوث غالباً بحدوث تسرب من أحد المفاعلات النووية أو عن طريق التخلص من هذه النفايات في الموارد المائية (البنات و باحفظ الله، 1992).

4-1 مكة المكرمة

تم تحديد مدينة مكة المكرمة لتكون منطقة الدراسة لما لها من أهمية على مستوى العالم الإسلامي ومن اجل تسليط الضوء على وضع المياه الجوفية والاهتمام بها كجزء من الاهتمام بماء زمزم. وهي تقع في الجزء الغربي من المملكة العربية السعودية بمحاذاة البحر الأحمر التابعة إداريا لمنطقة مكة المكرمة ، بين خطي عرض 21°،21 و 29 ,21° شمالا وخطي طول 45 ، 39° و 47 39° شرقا، وتتعدى مساحة مدينة مكة المكرمة 200كم^2. وهي تشمل المنطقة المحددة حسب الحدود التي علمها سيدنا جبريل لسيدنا إبراهيم عليهما السلام. وتبدأ حدود الحرم من الشمال جهة المدينة المنورة بالمكان المسمى بالتنعيم، أو مسجد أم المؤمنين عائشة رضي الله عنها والمسافة بينه وبين الحرم تقدر بنحو 7 كم، وغربا من جهة جدة عند المكان المسمى بالحديبية والمسافة بينه وبين الحرم تـقدر 17 كم، وشرقا من جهة السيل عند المكان المسمى بجعرانه والمسافة بينه وبين الحرم 14.5كم تقريباً، وجنوبا من جهة عرفة عند نمرة والمسافة بينه وبين المسجد الحرام تقدر بنحو 20كم (ابن دهيش، 2006).

1-4-1 جغرافية و جيولوجية مكة المكرمة

تعتبر طبيعة مكة المكرمة جبلية لأنها في الجزء الغربي الأوسط من الدرع العربي، وتحيط بها عدة جبال وتشق الوديان التلال والجبال مثل وادي العشر ووادي الزاهر، وادي شرمه الفيفاء، وادي السلولي، وادي الرصيفة وأشهرها وادي إبراهيم. إن نوعية المياه في التكوين المائي الجوفي تعتمد على تركيب الماء الداخل إلى التربة، وعلى التداخل المتبادل بين الماء والوسط الذي يمر فيه

جدول1. أسباب و مصادر تلوث المياه الجوفية

الأسباب	مصادر مركزه **Point Sources**	مصادر موزعة **Diffuse Sources**
مياه المجاري المنزلية	التسرب من نظام الصرف الصحي التسرب من الحفر الامتصاصية Septic Tank الترشح من أحواض التثبيت Stabilization Ponds	الحقن الصناعي بمياه المجاري المعالجة والتوزيع الواسع للحماه Sludge على الأراضي الزراعية
مخلفات المدن الصلبة	التسرب من مناطق رمي المخلفات ومدافن النفايات	
المخلفات الزراعية	مراكز أعلاف الحيوانات	مياه الأمطار، مياه الري، ذوبان الأسمدة والمضادات الحيوية
المخلفات الصناعية	الترشح من مواقع المخلفات الصناعية أو رميها ومن مياه التبريد في الحفر الاختبارية، و من الحوادث أثناء الاستخدام أو النقل أو التسرب من الخزانات وخطوط أنابيب النقل	استخدام صرف المخلفات الصناعية لري الأراضي
أسباب عامة	الحقن الاصطناعي بالمياه السطحية والحقن الطبيعي من الأنهار والبحيرات والأمطار الملوثة اقتحام المياه المالحة من البحر ومن التكوينات الجوفية بعد زيادة الضخ	

مثل الصخور والتفاعلات التي تجري داخل التكوين الجوفي (دليل جيمس للمياه، 1997).
و يختلف تأثير الصخور بسبب الاختلاف في تأثير عوامل التعرية واختلاف طرق وجود التشققات في الصخور المختلفة، بل وقد يكون الاختلاف في نفس النوع من الصخور تبعا لتاريخها الجيولوجي والمناخ السائد في المنطقة التي يوجد بها. وعموما تكون نوعية المياه جيده عند وجودها في الصخور النارية أو الصخور المتحولة لصعوبة إذابة معادنها، و تميل إلي انتزاع الكالسيوم و المغنسيوم من الصخور النارية القاعدية، بالمقابل تكون ايونات الصوديوم و البوتاسيوم هي السائدة في الصخور النارية الحمضية. و أما في الصخور الرسوبية فتختلف نوعية المياه حسب ما إذا كانت الصخور رملية أو جيرية، كما تزداد كمية الأملاح المذابة تبعا لبعدها عن سطح الأرض، وازدياد عمق الصخور وبعدها عن منطقة التغذية الطبيعية. وبصفه عامه يقل تركيز كل من أيونات الكالسيوم و المغنسيوم في مياه الصخور الرملية عنه في مياه الصخور الجيرية (البسام،2001).

2-4-1 مناخ مكة المكرمة وكمية الأمطار

تقع مدينة مكة المكرمة ضمن الإقليم المداري الجاف ويسودها المناخ الصحراوي، و تتساقط الأمطار بشكل غير منتظم، وحسب تقارير محطة أرصاد مكة يبلغ المعدل السنوي لتساقط الأمطار حوالي 100 ملم ومعدل عدد الأيام الممطرة 22 يوما وتمثل أشهر نوفمبر، ديسمبر و يناير أكثر شهور السنة هطولا للأمطار. ويبلغ المعدل الشهري للتبخر في مكة حوالي ١٥ملم. بالمقابل يبلغ المتوسط السنوي للرطوبة النسبية حوالي 47%. ويتراوح المدى السنوي لدرجات الحرارة العظمى والصغرى 28م°- 44م° و 17م°-28م° على التوالي، و أعلى درجة حرارة تم تسجيلها كانت 49.5 م° في شهر يوليو و ادني درجة سجلت هي 10م° في شهر ديسمبر.

3-4-1 مصادر مياه الشرب والمياه الجوفية بمكة المكرمة

منذ القدم كانت تعتبر مياه زمزم المصدر الرئيسي في إمداد أهالي مكة وحجاج البيت الحرام بالماء، إلي أن استخدمت عيون أخرى لإمداد مكة بالمياه مثل عين زبيدة التي تنبع من وادي نعمان وعين الهميجة التي تنبع من وادي العشر وعين زعفران التي تنبع من شمال وشمال شرق مكة، ومع تزايد الحجاج تم مد خطوط أنابيب بين مكة وبعض الآبار التي حفرت في الأودية المحيطة بمكة مثل وادي فاطمة ووادي رهجان (الدخيل وآخرون، 1997).

جدول 2. قيم مجموع كمية الأمطار لمدينة مكة (ملم) من عام 1983م إلي 2008م

شهور/ عام	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	المجموع
1983	21.6	0	7.9	0.1	0	5.6	0	0	0	0	0	57.6	92.8
1984	7.1	0	0	0.6	0	0	0	0	0.4	0	18.1	12.1	38.3
1985	3	0	0	20	0	0	0	0	0	0	23.5	69	115.5
1986	0	2.9	24	20.4	0	0	0	3	2	0	6	0	58.3
1987	0	0.5	19.2	0	0.4	0	0	12.4	0.2	0	0	4.2	36.9
1988	0.1	0.1	0	16.1	0.1	0	0	0	5.4	0	5.5	43.8	71.1
1989	3	7.2	3.2	89.2	0	0	0	0	0	0	0	77.6	180.2
1990	10	0	0.1	8.9	0	0	0	0	0	0	0	0	19.0
1991	48.8	0.2	9.3	0	2.3	0	0	0	0	15.1	6.9	0	82.6
1992	66.7	3.5	0	0	0	0	0	46	1	18	40.7	64	239.9
1993	6.7	2	0	0	0	0	0	0	7	3	6	49.4	74.1
1994	3	0	0.6	0	0	0	0	0	7	42	0	11.4	64
1995	3	0	0	20	0	0	0	0	0	0	23.5	69	115.5
1996	14.5	0	0	6.2	0	0	0	13	32	69	160.5	12.9	308.1
1997	5	0	0	0	0	0	0	0	0	47.8	58.8	6.6	118.2
1998	17	0	34.1	1.8	4.6	0	0.1	35.7	3.2	31.4	0	0	127.9
1999	50.5	0	0.2	0.1	0	0	0	1.7	30.1	4	0	14	100.6
2000	3	0	0	00.2	0	0	9.1	0	0	12.4	112.5	2.2	139.4
2001	18.4	0	29.5	0.1	0	0	0	13	2	2.5	10.6	4.2	80.3
2002	29.7	1.6	17.8	0	0	0	0	0.3	0.1	0	50	7	106.5
2003	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22.4	6.20	29.6
2004	50	0	0.60	0	0	0	0	0	0	61.0	0	27.8	139.4
2005	65.2	0	0	85.7	0	0	0	13	0	0	0	0	163.9
2006	0	0	0	5.60	2.10	0	0	1.80	35.7	84.9	0	0.80	130.9
2007	51.8	11.1	0	0	0	0	0	0	7.50	0	0	0	70.4
2008	64.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55	0	119.8

والآن مع زيادة مساحة المنطقة العمرانية التي تتعدى حدود الحرم في بعض الجهات مثل الشمال والشمال الغربي تعتبر مياه محطات التحلية المصدر الأول والرئيسي لتغذية مكة المكرمة، حيث قدر حجم الطلب على المياه لكافة الأغراض في عام 2000م بنحو 17.7 بليون م^3. ومع زيادة عدد سكان مكة إلي حوالي مليون و ثلاثمائة ألف نسمة حسب التعداد السكاني الذي اجري في عام 2004م، و زيادة معدل استهلاك الفرد من المياه من أقل من 100لتر/فرد لليوم لأكثر من 300لتر/فرد، بلغ متوسط الاستهلاك السنوي من المياه المحلاة بمدينة مكة عام2004م نحو 232,000 م^3 يوميا. وتعد الآن مياه الآبار المصدر الثانوي للتغذية بالمياه و يبلغ إنتاجها نحو 30,000متر مكعب في اليوم ، وتتوزع هذه الآبار بشكل متفرق داخل مكة وفي الأودية المحيطة بها (إمارة مكة، 2005).

4-4-1 أبحاث المياه الجوفية داخل حرم مدينة مكة المكرمة

لقد تمت دراسات قليله على المياه داخل مدينة مكة المكرمة، وتركزت بالأخص بالمنطقة الجنوبية لمكة المكرمة مثل أحياء المسفلة و الكعكية وسوف يتم ذكرها حسب التسلسل الزمني.

في دراسة أجريت عام 1980م قام المسلم و آخرون بدراسة المياه الجوفية لمنطقة المسفلة باستخدام مقتفيات الأثر المشعة و شملت الدراسة الظروف الهيدرولوجية والجيولوجية. وقد تراوحت نتائج العام 1980م لعينتين من مياه آبار المنطقة كالتالي: تراوحت قيم مجموع الأملاح الذائبة بين 496 مجم/لتر اقل قيمة و 4360 مجم/لتر كأعلى قيمة، و سجلت أعلى قيمة لتركيز الكبريتات ١٧٥ مجم/لتر واقل قيمة ٦٢ مجم/لتر، و كانت قيم الكلوريدات بين 908 و 938 مجم/لتر، وقيم الكالسيوم كانت بين 143 و 129 مجم/لتر، في حين أن أعلى قيمة سجلت للمغنسيوم 120 مجم/لتر واقل قيمة 104 مجم/لتر، و قيم البوتاسيوم بين 455 و 238 مجم/لتر، بالمقابل كانت أعلى واقل قيمة للصوديوم بين 500 و 700 مجم/لتر، و البيكربونات بين 437 و 493 مجم/لتر، و النترات بين 9 و12 مجم/لتر، وكان pH بين 7.61 و 7.63. و قد تمت دراسة المياه الجوفية بوادي العابديه أيضا، وقد تراوحت نتائج العام 1980م لثلاثة آبار كالتالي: كان تركيز مجموع الأملاح الذائبة بين 1050 مجم/لتر اقل قيمة و 1790 مجم/لتر كأعلى قيمة، و كانت أعلى واقل قيمة لتركيز الكبريتات عند 128و 95 مجم/لتر، وقيم الكلوريدات كانت بين 96 و 268 مجم/لتر، وكانت أعلى واقل قيمة للكالسيوم 109و 59 مجم/لتر، في حين أن أعلى واقل قيمة سجلت للمغنسيوم 76 و 34 مجم/لتر، و قيم البوتاسيوم كانت بين 4 و 3 مجم/لتر، وكانت قيم الصوديوم بين 70 و 142 مجم/لتر، و قيم النترات كانت بين 9 و 8، وكان pH بين 7.56 و 8.07. أما في عام 1982م فكانت النتائج كالتالي: تراوحت قيم مجموع الأملاح الذائبة بين 800

مجم/لتر اقل قيمة و 2031 كأعلى قيمة، وقد وجد أن أعلى قيمة لتركيز الكبريتات 550 واقل قيمة 122 مجم/لتر، وقيم الكلوريدات كانت بين 150 و479 مجم/لتر، والكالسيوم كانت أعلى واقل قيمة 280 و73 مجم/لتر، في حين أن المغنسيوم سجل أعلى واقل قيمة عند 54 و 22 مجم/لتر، و وقيم البوتاسيوم كانت بين 5 و3 مجم/لتر، بالمقابل كانت قيم الصوديوم بين 240 و 80 مجم/لتر، و النترات كلها عند 8 مجم /لتر، وكان pH بين7.67 و 7.92 (المسلم وآخرون،1980).

في عام 1997م قام الدخيل بدراسة موارد المياه الجوفية في منطقة المسفلة وجنوب مكة وشملت الدراسة الخصائص الهيدرولوجية وتحديد عمق وسمك الطبقات المشبعة بالمياه والطبقات الصخرية التي تمر فيها المياه الجوفية تحت مدينة مكة وتحديد منابع أحواض المياه مثل حوض وادي إبراهيم الذي ينبع من شمال شرق مكة وينحدر إلي الجنوب الغربي مارا حول الحرم المكي وينعطف جنوبا إلي المسفلة، أما حوض وادي عرنة فيحيط بحوض وادي إبراهيم من الناحية الشمالية الشرقية إلي الجنوبية الشرقية، حيث ينبع من جهة السيل ويشمل الشرائع ثم يتجه جنوبا إلي عرفات حتى منطقة العابدية ، وحوض وادي النعمان الذي ينبع من أسفل مرتفعات الطائف ويلتقي بوادي عرنة. وقد تم اختيار 11 بئر لدراسة بعض أهم الانيونات، الكاتيونات، درجة التوصيل الكهربائية، العسر الكلي وبعض العناصر السامة مثل الزئبق، الكروم، الباريوم، الكادميوم، الرصاص، الفضة والزرنيخ وتحديد بكتيريا القولون الكلية على فترتين هما شهر رجب لعام 1417هـ وشهر ذو العقدة من نفس العام. وقد كانت نتائج شهر رجب كالتالي: تراوحت قيم الموصلية الكهربائية بين 1480 و8650 µS/cm، في حين تراوحت قيم pH بين 7 و 7.8، وكانت قيم الحد الأعلى و الأدنى للايونات الرئيسية كالتالي: أعلى وأدنى قيمة للكالسيوم 477.8، 96.2 مجم/لتر، و كانت قيم المغنسيوم بين 27.2 و 172.2مجم/لتر، و سجلت اقل قيمة للصوديوم 73 مجم/لتر وأعلى قيمة 510 مجم /لتر، و كانت أعلى و اقل قيمة للبوتاسيوم 18 و2 مجم/لتر. في حين كانت أعلى واقل قيمة للكبريتات 2325.1 و151.9 مجم/لتر، و كانت قيم الكلوريدات بين 312 و1347.1مجم/لتر. بالمقابل كانت نتائج شهر ذو القعدة كالتالي: تراوحت قيم الموصلية بين 2790 و 5570 µS/cm، في حين تراوحت قيم pH 6.7 و 7.5، وسجل الكالسيوم 70.2 مجم/لتر كأقل قيمة و460.6 مجم/لتر كأعلى، وقيم المغنسيوم كانت بين 29.2 و 192.5 مجم/لتر، و سجلت اقل و أعلى قيمة للصوديوم 75 و 800 مجم/لتر، وكانت قيم البوتاسيوم بين 3 و16 مجم /لتر، في حين كانت أعلى قيمة للكبريتات 2524 مجم/لتر واقل قيمة 155.9 مجم /لتر، و قيم الكلوريدات كانت بين 370 و 1355.8 مجم/لتر. أما المكونات الشحيحة فكانت جميع نتائجها أعلي من الحدود المسموح بها، فسجلت الفضة أعلى واقل قيمة عند 0.8 و0.14 جزء في البليون، الكادميوم بين 1.23 و8.8 جزء في البليون، الرصاص اقل قيمة سجلت 195 جزء في

البليون وأعلى قيمة 591، أما قيم الباريوم فكانت بين 398 و 1380 جزء في البليون، في حين سجلت أعلى واقل قيمة للكروم عند 90، 12 جزء في البليون، و سجلت أعلى واقل قيمة للزئبق عند 0.24 و اقل من 0.1 جزء في البليون، أما الزرنيخ فكانت القيم بين0.5 جزء في البليون، واقل من هذه القيمة التي لم تحدد بالأرقام وهي أكثر من الحد المسموح به. وقد أجريت بعض التحاليل لثلاث عينات فقط لكل من السليكا والحديد والنيكل والنحاس والزنك و الكوبلت والألمنيوم والليثيوم والاسترنشيوم وكانت ضمن الحدود المسموح بها أو منخفضة. وبالنسبة للاختبارات البكتريولوجيه كانت النتائج الأعلى للعدد الأكثر احتمالا لشهر رجب 460 مستعمرة (CFU) Colony Forming Units واقل من٣CFU /100مل ، أما في شهر ذو القعدة فتراوحت بين 64 CFU واقل من3 CFU/100مل (الدخيل وآخرون، 1997)

في عام 1998م قام هاشم وآخرون بدراسة تقييم التأثير البيئي الناتج من تفريغ مياه الصرف الصحي لمحطة التنقية بمكة المكرمة، شمل المشروع تحليل مياه قناة الصرف الصحي، البحيرات، المستنقعات وثماني آبار للكشف عن العناصر الضارة والثقيلة و للكشف عن بكتيريا القولون وخلصت الدراسة إلي أن مياه الصرف الصحي المتدفقة تتعدى الحدود المسموح بها عالميا، كما أن مياه الآبار المحيطة بمنطقة محطة التنقية ملوثة و لا تصلح للاستهلاك البشري والزراعي. كما توقعت الدراسة بأن المشكلة الأخطر في التلوث البيئي من جراء ذلك سوف تظهر مستقبل على تلوث المياه الجوفية وصحة الإنسان والحيوانات (هاشم وآخرون،1998).

في عام 1998م قام الرحيلي و بانخر بدراسة التأثير البيئي لتفريغ المياه الغير معالجة في أودية منطقة مكة المكرمة. شملت دراسة أولية للجزء السفلي من وادي عرنة وتحديد منسوب المياه الجوفية الذي ارتفع من عمق 17م إلي عمق 5 م ومن دراسة الخصائص الفيزيائية وبعض الخصائص الكيميائية خلصت الدراسة إلي أن المياه في المنطقة ملوثة وغير صالحة للاستخدام البشري، و نظرا لزيادة تركيز الأملاح فانه من المتوقع مع استمرار تفريع المياه الملوثة أن تصبح المياه غير صالحة للزراعة أيضا (الرحيلي و بانخر،1998).

في عام 2002م قام الحارثي و آخرون بتقييم المخاطر البيئية لتفريغ مياه الصرف الصحي بوادي عرنة بمكة المكرمة. شملت الدراسة مجالات عدة منها الدراسات الجيولوجية، المناخية، الجيولوجية الهندسية للتربة، الهيدرولوجية لحوض الوادي، والبيولوجية، وتقييم التأثيرات البيئية على التربة والمياه السطحية والجوفية والنباتات الطبيعية والزراعية من خلال اخذ عينات لها. وقد تضمن الجزء الخاص بالمياه الجوفية تجميع خمسة عينات من الآبار الموجودة في الجزء العلوي من وادي عرنة وثلاثة عينات من الجزء الأوسط من الوادي. وقد تراوحت نتائج الموصلية

الكهربائية بين 2250 و3160 µS/cm كأعلى و اقل قيمة، ومجموع الأملاح الذائبة بين 1070 مجم/لتر اقل قيمة وسجلت أعلى قيمة عند 1450 مجم/لتر، ودرجة pH مابين 7 و7.5، أما درجة العسر الكلي فكانت بين 345 و618 مجم/لتر، وقد وجد أن قيم تركيز النترات تراوحت بين 3.5 و31.7 مجم/لتر، أما الامونيا فكانت بين 0.24 و6.7 مجم/لتر، والكبريتات سجلت أعلى قيمة عند106.1واقل قيمة 38.2 مجم/لتر، و قيم الكلوريدات كانت بين 175 و388 مجم/لتر، وقيم الحديد كانت بين10.3و 1.8 مجم/لتر، والكالسيوم كانت أعلى قيمة 152.2 مجم/لتر واقل قيمة 79.8 مجم/لتر، في حين أن المغنسيوم سجل أعلى قيمة عند 86.3 مجم/لتر واقل قيمة 25.1 مجم/لتر، و قيم البوتاسيوم كانت بين 2.8 و 53.2 مجم/لتر، بالمقابل كانت قيم الصوديوم بين 210.3 و657.1 مجم/لتر، و أخير كانت قيم الفلورايد بين1.3 و 1.8 مجم /لتر كأقل وأعلى قيمة. أما تركيز العناصر الشحيحة في مياه الوادي فكانت كالتالي: كانت قيم الخارصين بين 1.3 و 5.7 جزء في البليون، وكانت قيم المنجنيز بين 0.1 و0.3 جزء في البليون، وكانت قيم النحاس بين 1.2 و 1.8 جزء في البليون، أما قيم النيكل فكانت بين 0.5 و 0.7 جزء في البليون، وتراوحت قيم الرصاص بين 1.3 و 2.6 جزء في البليون، وقيم الكروم كانت بين 0.2 و 0.6 جزء في البليون، بالمقابل كان تركيز الكادميوم يتراوح بين 0.001 و0.01 جزء في البليون، وكان تركيز الزرنيخ والباريوم ثابتا في جميع العينات إذ بلغ 0.001 جزء في البليون، وأخيرا تراوحت قيم الزئبق بين 0.09 و 0.18 جزء في البليون (ألحارثي و آخرون،2002).

5-4-1 أبحاث المياه الجوفية في الأودية حول مدينة مكة المكرمة

تمت بعض الدراسات في الأودية حول مدينة مكة المكرمة بعضها ذات اهتمامات بيئية، جيولوجية، جيومورفولوجية، جيوكيميائية وهيدرولوجية. ولم يتم دراسة الآبار دراسة تفصيلية حيث لم يتجاوز الكشف عن بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية مثل الأس الهيدروجيني، الكاتيونات و الانيونات وسوف يتم ذكرها حسب التسلسل الزمني.

في عام 1977م قام جمعان بدراسات هيدرولوجية على المياه الجوفية لوادي النعمان و شملت الدراسة الظروف الهيدرولوجية و الجيوفيزيائية. وقد تضمن الجزء الخاص بالمياه الجوفية لعام 1977م تجميع احد عشر عينة من الآبار الموجود في المنطقة. وقد تراوحت نتائج الموصلية الكهربائية بين526 و 1387 µS/cm، ومجموع الأملاح الذائبة بين 404 و1072 مجم /لتر، وقد سجلت أعلى قيمة لتركيز الكبريتات 290.6 مجم /لتر، واقل قيمة 42 مجم /لتر، أما قيم الكلوريدات فكانت بين 211.7 و 65.9 مجم/لتر، و كانت أعلى قيمة واقل قيمة للكالسيوم 200 و

82.2 مجم /لتر، في حين أن المغنسيوم سجل أعلى قيمة عند 72.4 مجم/لتر واقل قيمة 20.5 مجم/لتر، و قيم البوتاسيوم كانت بين 28.2 و 3.6 مجم /لتر، وكانت قيم الصوديوم بين 55.6 و148.4 مجم/لتر. ودرجة العسر الكلي بين 286 و 671 مجم/لتر، و درجة pH بين 7 و 7.7 (Jamaan,1978). وفي عام 1978م قام جمعان بتجميع ثمانية عشر عينة من آبار وادي النعمان. وقد تراوحت نتائج الموصلية الكهربائية بين 588 و 1509 µS/cm، وقيم مجموع الأملاح الذائبة بين 494 و 4808 مجم/لتر، وقد سجلت أعلى قيمة واقل قيمة لتركيز الكبريتات 409 و 52 مجم/لتر، وقيم الكلوريدات كانت بين 60 و 244 مجم/لتر، وقيم الكالسيوم كانت بين 214 و 92 مجم/لتر، في حين أن سجلت أعلى واقل قيمة للمغنسيوم عند ٣٣ و ٧مجم/لتر، و كانت قيم البوتاسيوم بين 15 و 2 مجم/لتر بالمقابل كانت قيم الصوديوم بين 59 و 4228 مجم/لتر. وكانت درجة العسر الكلي بين 263.9 و671.6 مجم/لتر، و درجة الأس الهيدروجيني بين 7 و 7.8 (Jamaan,1978).

في عامي 1980م و 1982م قام المسلم و آخرون بدراسة المياه الجوفية بوادي نعمان باستخدام مقتفيات الأثر المشعة وشملت الدراسة الظروف الهيدرولوجية والجيولوجية. وقد تراوحت نتائج العام 1980م لستة آبار كالتالي: لمجموع الأملاح الذائبة كانت القيم بين 560 و 1560 مجم/لتر، وقد سجلت أعلى قيمة واقل قيمة لتركيز الكبريتات عند 104و 33 مجم/لتر، وكانت قيم الكلوريدات بين 77 و 153 مجم/لتر، وكانت أعلى واقل قيمة للكالسيوم 79و 36 مجم/لتر، و تركيز المغنسيوم سجل أعلى قيمة عند 56 واقل قيمة 11 مجم/لتر، و تركيز البوتاسيوم ثابت عند 3 مجم /لتر، بالمقابل كانت قيم الصوديوم بين 50 و 98 مجم/لتر. وكان تركيز النترات بين 9 و8 مجم/لتر، وكانت قيم pH بين 7.6 و 7.83. أما في عام 1982م فكانت النتائج لثمانية عينات مياه آبار كالتالي: مجموع الأملاح الذائبة كانت القيم بين 420 و 1720 مجم/لتر، و كانت قيم الكبريتات بين أعلى قيمة 550 و 110 مجم/لتر اقل قيمة، قيم الكلوريدات كانت بين 89 و 302 مجم /لتر، وكانت أعلى قيمة للكالسيوم 234 مجم/لتر واقل قيمة 85 مجم/لتر، في حين أن المغنسيوم سجل أعلى قيمة عند 51 مجم/لتر واقل قيمة 10 مجم/لتر، و قيم البوتاسيوم بين 4 و٢ مجم/لتر، بالمقابل الصوديوم كان بين 66 و 160 مجم/لتر، وقيم النترات كانت بين 9 و 10 مجم/لتر، وكان pH بين 8 و 7.4 (المسلم وآخرون،1982).

في عامي 1993م و1994م قام اليماني و آخرون بدراسة تطبيقات النظائر البيئية لدراسة المياه الجوفية و عينات أمطار جمعت من وادي النعمان. وخلصت الدراسة إلي أن المياه الجوفية في المنطقة حديثه نسبيا من ناحية العمر، وكانت أعلى قيمة للمغنسيوم 193.54واقل قيمة 21.96 مجم/لتر، و المتوسط لعام ١٩٩٣م ٨٤ مجم/لتر في حين كان المتوسط لعام 1994م 71 مجم/لتر،

أما الصوديوم فسجلت اعلي قيمة 494.5 مجم/لتر واقل قيمة ٧١.٣ مجم/لتر وكان المتوسط لعام ١٩٩٣م 269.1 مجم/لتر، و لعام 1994م فكان 259.9 مجم/لتر، و كان قيم البوتاسيوم بين 17.99 و 3.13 مجم/لتر والمتوسط لعامي 1993م و 1994م فكان7.0 و 9.38 مجم/لتر، على التوالي، وكانت قيم الكالسيوم بين 330 و 62 مجم/لتر وبلغت المتوسطات للاعوام 1993م و 1994م 154 و 152.4 مجم/لتر، على التوالي، و كانت قيم الكلوريدات بين 779.8 و 58.2 مجم/لتر وبلغت متوسطات عام 1993م و 1994م 389.9 و381.8 مجم/لتر،على التوالي، وبلغت اقل و أعلى قيمة لمجموع الأملاح الذائبة 777 و 3000 مجم/لتر (اليماني و آخرون، 1994).

في عام 1981م قام الجمل بدراسة بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لسبعة عينات للمياه الجوفية بوادي فاطمة وكانت قيم الكلوريدات بين 680 و 212 مجم/لتر، والكالسيوم كانت أعلى قيمة 155 مجم/لتر واقل قيمة 130 مجم/لتر، في حين أن المغنسيوم سجل أعلى قيمة عند 160 مجم/لتر واقل قيمة 20 مجم/لتر، و البوتاسيوم بين 12 و 7 مجم/لتر، وكانت قيم الصوديوم بين 122 و 227 مجم/لتر(الجمل،1981).

في عام 1983م قام منصور بتقدير مصادر المياه الجوفية في وادي فاطمة وقد تنبأ بحدوث جفاف من خلال قراءة النتائج وتوقع زيادة ملوحة مياه الودي بسبب قلة التغذية بواسطة الأمطار والسيول. و شملت الدراسة كل من منطقة أبو الحصاني، الخيف، ابوعروة، عين شمس، الشامية و الحوراء. وقد تضمن الجزء الخاص بالمياه الجوفية تجميع اثني عشر عينة من آبار تلك المناطق. وقد تراوحت نتائج الموصلية الكهربائية بين 680 و1200 µS/cm اقل قيمة و 900 و 1800µS/cm كأعلى قيمة لكل من الحوراء والشامية،على التوالي، ودرجة pH بين 7.4 و 7.3 في الحوراء و7.5 و7 في الشامية. أما مجموع الأملاح الذائبة فكانت اقل قيمة 556 مجم/لتر وسجلت أعلى قيمة 644 مجم/لتر للمناطق السابقة الذكر (منصور،1983).

في عام 1993م و1994م قام اليماني وآخرون بدراسة المياه الجوفية في وادي فاطمة، وكانت أعلى و اقل قيمة للمغنسيوم 108.58و 13.42 مجم/لتر والمتوسط لعام ١٩٩٣م 47.58 مجم/لتر في حين كان المتوسط لعام 1994م 39 مجم/لتر، أما تراكيز الصوديوم فسجلت أعلى قيمة 393.3 واقل قيمة 25.3 مجم/لتر وكان المتوسط لعام ١٩٩٣م 188.5 أما عام 1994م فكان المتوسط 136.6مجم /لتر، أما قيم البوتاسيوم فكانت بين 1.96 و 17.99 مجم/لتر وكان المتوسط لعامي 1993م و1994م هو 9.38 و 6.26 مجم/لتر، على التوالي، وكانت قيم الكالسيوم بين 36 و 358 مجم/لتر والمتوسطات لعامي 1993م و1994م هي 132 و 97.2 مجم/لتر، على التوالي، و وكانت قيم الكلوريدات بين 40.5 و 729.22 مجم/لتر ومتوسط عام 1993م كان 298.78

مجم/لتر ومتوسط عام 1994م 208.64مجم/لتر، وبلغت اقل وأعلى قيمة لمجموع الأملاح الذائبة 300 و 2250 مجم/لتر(اليماني و آخرون،1994).

في عام 1994م قام اليماني و آخرون بدراسة المياه الجوفية في المنطقة الغربية من السعودية. وتضمن البحث دراسة وضع المياه الجوفية داخل خمس أحواض تصريف هي وادي النعمان، وادي فاطمة، وادي غران، وادي تربة و المرواني من خلال تطبيقات مختلفة للنظائر البيئية على عينات مياه جوفية و أمطار جمعت من هذه المناطق. وخلصت الدراسة إلي أن المياه الجوفية في المنطقة حديثه وتتراوح بين 30 و40 سنة. وكانت أعلى قيمة للمغنسيوم في عينات مياه وادي غران112.23 مجم/لتر واقل قيمة 37.82 مجم/لتر والمتوسط لعام ١٩٩٣م 79.3مجم/لتر، و لعام 1994م 74مجم/لتر، أما قيم الصوديوم فكانت أعلى قيمة 487.6 مجم/لترواقل قيمة 186.3 مجم /لتر وبلغ المتوسط لعام ١٩٩٣م 336 مجم/لتر، أما عام 1994م فكان المتوسط 326.6 مجم/لتر، أما قيم البوتاسيوم فكانت بين 3.12 و 19.15 مجم/لتر وبلغ المتوسط لعامي 1993م و1994م 12.9و11مجم/لتر،على التوالي، وكانت قيم الكالسيوم بين 284 و110 مجم/لتر و بلغت المتوسطات لعامي 1993م و1994م 172 و174مجم/لتر،على التوالي، و كانت قيم الكلوريدات بين 367 و 628 مجم /لتر، ومتوسط عام 1993م كان 488 مجم/لتر وعام 1994م كان 478 مجم/لتر، وبلغت اقل قيمة لمجموع الأملاح الذائبة 1300مجم/لتر وسجلت أعلى قيمة 2500 مجم/لتر. وبلغت أعلى قيمة للمغنسيوم في عينات مياه وادي المرواني 67.1 مجم/لتر واقل قيمة 21.96مجم/لتر والمتوسط لعام ١٩٩٣م 39 مجم/لتر و لعام1994م 32.5 مجم/لتر، أما الصوديوم فسجلت أعلى قيمة 140.3مجم/لتر واقل قيمة 71.3 مجم/لتر وكان المتوسط لعام ١٩٩٣م 108.1مجم/لتر،و كان المتوسط لعام 1994م 106.7مجم/لتر، أما قيم البوتاسيوم فكانت بين 12.9 و 5.1مجم/لتر والمتوسط لعام 1993م ولعام 1994م 10.2 و8.9 مجم/لتر،على التوالي، وكان قيم الكالسيوم بين 112 و 78 مجم/لتر والمتوسطات لعام 1993م ولعام 1994م 84 و 84.6 مجم/لتر، على التوالي، و كانت قيم الكلوريدات بين 245.9 و 111.4مليجرام/لتر ومتوسط عام 1993م 184.8مجم/لتر وبلغ عام 1994م 173.44 مجم/لتر، وكانت اقل قيمة لمجموع الأملاح الذائبة 600 مجم/لتر و سجلت أعلى قيمة 1150 مجم/لتر. بالمقابل كانت أعلى قيمة للمغنسيوم في عينات مياه وادي تربة الذي يقع بعد مدينة الطائف 63.44 مجم/لتر واقل قيمة 18.3مجم/لتر وبلغ المتوسط لعام ١٩٩٣م ولعام 1994م 29.3 و 30.6 مجم/لتر، أما قيم الصوديوم فسجلت أعلى قيمة 128.8 مجم/لتر واقل قيمة 46 مجم/لتر وكان المتوسط لعام ١٩٩٣م ولعام 1994م 99 و 89 مجم/لتر، أما قيم البوتاسيوم فكانت بين 1.96 و 8.99مجم/لتر والمتوسط لعام 1993 و 1994م فكان 5.1 و 4.7 مجم/لتر، على التوالي، وكان قيم الكالسيوم بين 156 و 64 مجم/لتر،

والمتوسطات لعامي 1993م و1994م 104 و113 مجم/لتر، على التوالي، و كانت قيم الكلوريدات بين 124.1 و 60.8مجم /لتر ومتوسط عام 1993م وعام 1994م 93.7 و 84.6مجم/لتر، وبلغت اقل قيمة لمجموع الأملاح الذائبة 590 مجم/لتر و أعلى قيمة 1100 مجم/لتر(اليماني و آخرون، 1994).

في عام 1997م قام الغامدي بدراسة للمياه الجوفية لوادي فاطمة وقد شملت الدراسة إجراء اختبارات بكتريولوجية لستة عينات من آبار الوادي كانت نتائجها تتراوح بين النمو الشديد لبكتريا القولون وعدم وجود نمو لكل 100مل من المياه، كذلك بالنسبة للعدد الكلي للبكتريا. أما نتائج الاختبارات الفيزيائية فتراوحت نتائج درجة العكاره مقاسا بوحدة Nephelometer Turbidity Units (NTU) بين 0.65 كأقل قيمة و 1.1 كأعلى قيمة، ودرجة الأس الهيدروجيني بين 7.3 و7.8 ، ودرجة التوصيلي الكهربائية بين 400 و820 µS/cm بالمقابل كانت نتائج الاختبارات الكيميائية كالتالي: كانت القيم المغنسيوم بين 47.34 و 5.86 مجم/لتر، وقيم الصوديوم بين 51.1 و130.5مجم/لتر، أما الكالسيوم فكانت أعلى قيمة 170.7 مجم/لتر واقل قيمة 58.4مجم/لتر، وقيم الكبريتات كانت بين 63.39 و 392.26 مجم/لتر، و قيم النترات بين 44.8 و 104 مجم/لتر، وقيم مجموع الأملاح الذائبة بين 263 و 549 مجم/لتر (الغامدي، 1997).

1-5 برامج المراقبة والمواصفات المحلية و العالمية

1-5-1 برامج المراقبة المحلية والعالمية

تؤسس معظم نظم المراقبة من اجل تعزيز عدة أهداف من أهمها تحديد نوعية المياه الطبيعية، عمل قاعدة بيانات عن كل مخزون مائي على مستوى الدول وذلك بغياب التأثير المباشر لفعاليات الإنسان، تحديد اتجاهات البحث بعيد المدى للنقاط الحرجة لنوعية مصادر المياه، تحديد تدفق المواد الكيماوية السامة والمواد الصلبة العالقة في الماء تحت البحث و أية ملوثات أخرى وتتبعها من مصادرها إلي النقاط التي تتغير فيها من شكل إلي آخر، مثل انطلاق المياه من أحواض الأنهار إلي حدود تلاقيها مع المحيطات أو البحار. و في عام 1974م بدأت منظمة الصحة العالمية World Health Organization(WHO) بمساعدة من برنامج الأمم المتحدة للبيئة اليونيب بالتخطيط لبرنامج مراقبة نوعية المياه المرتبطة بالصحة على المستوى الدولي. وفي عام 1976م تم تأسيس برنامج مراقبة للمياه Global Environment Monitoring System (GEMS) على مستوى العالم يتم تنفيذه بمشاركة كل من منظمة الصحة العالمية، منظمة الأرصاد الجوية العالمية، منظمة الأمم المتحدة للتعليم والعلوم والثقافة اليونسكوا و اليونيب. ويهدف البرنامج إلي التعاون مع الدول المشاركة في تأسيس أنظمة جديدة لمراقبة المياه وتقوية الأنظمة المتواجدة في

ذلك الوقت، و تحسين صلاحية البيانات المتعلقة بنوعية المياه ومقارنتها داخل الدول المشاركة في البرنامج، وكذلك إلي تقييم حدوث اتجاهات تلوث المياه من قبل المواد الخطرة الموجودة في البيئة على المدى البعيد. وقد تم تحديد معهد بحوث المياه الوطني في مركز كندا للمياه الداخلية كمركز تجميع البيانات على المستوى الدولي (دليل جيمس للمياه، 1997). أما على المستوى المحلى فقد استقلت المياه بوزارة بعد أن كانت ضمن وزارة الزراعة والمياه ثم ضمت إلى وزارة الكهرباء. كما توجد جهود متفرقة في عدد من الجهات مثل مركز أبحاث المياه التابع لجامعة الملك عبد العزيز وكذلك قسم للدراسات البيئية في معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج الذي يهتم بأبحاث المياه.

1-5-2 المواصفات القياسية المحلية والعالمية

استشعرت المملكة كغيرها من الدول ضرورة وجود جهاز مركزي للتقيس يتولى الأنشطة الرئيسية للتقيس في المملكة، فصدر المرسوم الملكي رقم م/10 وتاريخ 1392/3/3 هـ بإنشاء الهيئة العربية السعودية للمواصفات والمقاييس. وتقوم الهيئة بإعداد المواصفات القياسية بواسطة لجان من الخبراء والمتخصصين من الجهات المعنية الأكاديمية والأهلية، وتستند في إعدادها للمواصفات على الأبحاث والدراسات العلمية والمراجع المتخصصة والمواصفات القياسية الدولية. وقد قامت الهيئة بإعداد عدة مواصفات سعودية لمياه الشرب المعبأة وغير المعبأة، مثل المواصفة القياسية السعودية رقم (409/ 1984م) لمياه الشرب المعبأة، والمواصفة(701/ 1993م) لمياه الشرب غير المعبأة، وقد وضعت هاتين المواصفتين طبقاً لما حددته منظمة الصحة العالمية في الدليل الإرشادي الخاص بجودة المياه الذي صدر عام 1984م، كما قامت الهيئة بإصدار مواصفات قياسية سعودية خليجية لمياه الشرب بلغت 18 مواصفة. أما على الصعيد الدولي فقد قامت منظمة الصحة العالمية بإصدار المواصفات القياسية للمياه وكذلك بإصدار العديد من المطبوعات مثل أدلة جودة مياه الشرب Guidelines For Drinking Water Quality وهو عبارة عن جزيئين (دليل جيمس للمياه، 1997)، وقد واكب هذه الإصدارات عددا كبيرا من المعايير الاسترشادية جرى إعدادها من جانب الدول الغنية مثل دول الاتحاد الأوروبي و الولايات المتحدة الأمريكية (المنهراوي و حافظ،1997)، من خلال وكالة حماية البيئة الأمريكية US-EPA Environmental Protection Agency التي وضعت الحدود القياسية للعناصر النادرة بعد إجراء مسح للمياه من 1991م إلي 2002م، كما تم وضع قائمة بالعناصر التي لم تحدد لها مواصفة من خلال ذكر التركيز الأكثر تسجيل لهذا العناصر في فحص المياه الجوفية على

مستوى العالم (Apodaca , 2006). و يوضح الجدولين رقم (4،3) الحدود القياسية لبعض العناصر الفيزيائية والكيميائية.

6-1 عناصر مراقبة تلوث المياه

1-6-1 الخصائص الفيزيائية و الفيزيوكيميائية

اللون Color

يرجع اللون إلى خاصية توزيع الضوء الطبقي، وتوجد وسائل عديدة لقياس اللون وتقديره كوحدات دولية، لكن يلاحظ أن مواصفات اللون لا تدل مباشرة على تفضيل المستهلك ولكن تعتبر عامل ذو أهمية وتأثير نفسي عميق على قبول أو رفض المياه (Zou and Zhu , 2007). و يظهر اللون نتيجة وجود موجات ضوئية ذات تراكيز أو كثافة اعلى من بعض الموجات الضوئية الأخرى وتصل لعين الإنسان التي مجال الضوء المرئي بالنسبة لها يقع بين الموجات ذات الأطوال 380-770 µm. ويعزى اللون للمواد الموجودة في صورة محلول بالإضافة إلى المواد الموجودة كمعلق وهنا يسمى باللون الظاهري، وفي حالة نزع المواد المعلقة بالفلتره فانه يسمى باللون الحقيقي. ويقاس اللون بالوحدات الدولية حيث تعرف الوحدة باللون الناتج عن 1 مجم بلاتين/لتر في صورة حمض كلوروبلاتينك في وجود كلوريد الكوبالت سداسي الماء (المواصفة السعودية رقم 1989/408).

الطعم والرائحة Odour & Taste

الرائحة والطعم من صفات الجودة للنكهة لذا نجد انه من الصعب تقديرها آليا و لا تزال تعتمد على الطرق الشخصية Subjective مثل لجان التذوق Taste Pands وهذا مرجعه عدم وجود تفهم كامل لميكانيكية تحريك أحاسيس الإنسان عن التذوق(الاشوح، 2001). وتتم عادة عملية التذوق بوضع كمية من العينة في الفم و الاحتفاظ بها لعدة ثواني ثم يفرغ الفم دون بلع أي شي من العينة، ويتم إعداد الحكم الأولي ثم تعاد الكره بعد غسل الفم بماء خالي من الطعم والرائحة (المواصفة السعودية رقم 1989/408). وقد تقاس بإحدى المقياسين الأول Threshold Odor Number (TON) وهو عبارة عن النسبة التي يجب أن يخفف بها الماء ذو الرائحة بمياه عديمة الرائحة للحد الذي تزول بة الرائحة. والثاني هو مقياس شدة الرائحة Odor Intensity Index(OII) ، وهو عبارة عن عدد المرات التي تخفف به المياه ذات الرائحة إلى النصف حتى نحصل على مياه عديمة الرائحة. وعادة ما يستخدم الكربون النشط وبعض الكيماويات المؤكسدة

جدول 3. الحدود القياسية للعناصر الروتينية لمياه الشرب

	عناصر الجودة	الرمز	منظمة الصحة العالمية	السعودية الخليجية	الدول الأوربية
			ppm	ppm	ppm
1	اللون		لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد
2	الطعم		مقبول	مقبول	مقبول
3	الرائحة		مقبول	مقبول	مقبول
4	العكارة	NTU	5	5	10
5	الرقم الهيدروجيني	pH	8.5-6.5	8.5-6.5	8.5-6.5
6	العسر الكلي[#]	TH	500	500	500
7	مجموع الأملاح الذائبة	TDS	1000	1000	1500
8	الصوديوم	Na	-	200	175
9	البوتاسيوم	K	20	20	200
10	الكالسيوم	Ca	200	200	200
11	المغنسيوم[*]	Mg	150	150	50
12	الحديد	Fe	0.3	0.3	0.02
13	الكبريتات	SO_4	250	400	250
14	الكلوريدات	Cl	250	250	200
15	النيتريت	NO_3	3	3	0.1
16	النترات	NO_2	50	50	50
17	الفلوريدات	F	1.5	1.7	1.5
18	النحاس	Cu	2	2	3
19	الامونيا	NH_4	1.5	1.5	0.5

[*]يجب ألا يزيد تركيز المغنسيوم عن 30 ppm في حالة وجود 250 ppm كبريتات و 150 إذا قلت الكبريتات عن ذلك
[#]يجب مرعاه نسبة الكالسيوم و المغنسيوم بحيث لا تتعدى النسبة المحددة للعسر الكلي - لا توجد قيم

جدول ٤. الحدود القياسية للعناصر في المياه حسب المواصفات الدولية

	عناصر الجودة	الرمز	منظمة الصحة العالمية	الخليجية والسعودية	الأمريكية	الدول الأوربية
			ppb	ppb	ppb	ppm
1	Aluminium	Al	200	200	50-200	0.2
2	Antimony	Sb	5	5	6	0.01
3	Arsenic	As	10	10	10	0.05
4	Barium	Ba	700	700	2000	5
5	Beryllium	Be	-	1	4	-
6	Bismuth	Bi	-	-	-	-
7	Boron	B	500	500	600	2
8	Bromine	Br	-	-	-	-
9	Cadmium	Cd	3	3	5	0.005
10	Cesium	Cs	-	-	-	-
11	Chromium	Cr	50P	50	100	0.05
12	Cobalt	Co	-	-	1.0	-
13	Iodine	I	-	-	-	-
14	Lead	Pb	10	10	15	0.05
15	Lithium	Li	-	-	0.3	-
16	Manganese	Mn	500	500	300	0.05
17	Mercury	Hg	1	1	2	0.001
18	Molybdenum	Mo	-	-	1.0	-
19	Nickel	Ni	20	20	100	0.05
20	Phosphate	P	0.2	0.2	0.2	-
21	Rubidium	Rb	-	-	-	-
22	Selenium	Se	10	10	50	0.01
23	Silver	Ag		100	100	0.01
24	Strontium	Sr	-	-	4000	-
25	Tantalum	Ta	-	-	-	-
26	Thallium	Tl	-	-	2	-
27	Tin	Sn	-	1	-	-
28	Uranium	U	2	2	30	-
29	Vanadium	V	-	-	1.0	-
30	Zinc	Zn	3000	3000	2000	5

لا توجد قيم معيارية

مثل الكلور في إزالة رائحة وطعم المياه الجوفية (دليل جيمس للمياه، 1997). وعلى وجه العموم يربط العديد من الناس بين وجود أي طعم والمخاطر الصحية بالمياه (Lou *et al* .,2007).

العكاره Turbidity

ويعني بها المواد العالقة وهي تتكون من الطين، الغرين، الرمل، المواد المجزأة الناعمة العضوية وغير العضوية، البلانكتون و العضويات الدقيقة في الماء. وتؤثر الجزئيات العالقة على درجة صفاء الماء (Abdo, 2005). ولوجود العكاره تأثير على نوعية الأحياء الدقيقة للمياه حيث تزداد عملية الكشف عن الفيروسات والبكتيريا صعوبة (عسيري، 2001). وتعكس العكاره خواص تشتيت وامتصاص الضوء في عينة المياه، وهناك أكثر من طريقة لتقدير المواد العالقة أو العكاره مثل الطرق البصرية وتشمل مقياس الشمعة والزجاجات البصرية وقياس التغبش (المواصفة السعودية رقم 1989/408).

درجة التوصيل الكهربائية Conductivity

الموصلية الكهربائية عبارة عن تعبير رقمي لقابلية محلول مائي لنقل التيار الكهربائي. هذه القابلية تعتمد على وجود الأيونات، وتركيزها الكلي، وحدود انتقالها، وشحنتها و تراكيزها النسبية وعلى درجة الحرارة (Abdo,2005). يعتبر ارتفاع درجة التوصيل الكهربائية دلالة على زيادة الملوحة (عسيري، 2001). تقدير المواد الصلبة المذابة من الممكن إيجاده بضرب قيمة الموصلية بمعامل تجريبي اعتمادا على المركبات المذابة في الماء ودرجة حرارة العينة، كما يمكن تقدير درجة الملوحة من خلال قياس درجة التوصيل الكهربائية لعينات مياه قياسية معلومة نسبة الملوحة بها مسبقا ورسم منحنى بين درجة التوصيل الكهربائية ونسبة الملوحة. إن الوحدة القياسية للموصلية الكهربائية هي ميكروسيمن لكل سنتمتر µS/cm (دليل جيمس للمياه، 1997).

مجموع المواد الصلبة الذائبة Total Dissolved Solids (TDS)

هي مجموع المواد الصلبة الذائبة التي لا يمكن ترشيحها لأنها ذائبة مثل ايونات الكربونات، الفوسفات، الحديد، نترات الكالسيوم والصوديوم و البوتاسيوم، ومن الممكن إيجاده بضرب قيمة الموصلية الكهربائية بمعامل تجريبي اعتمادا على المركبات المذابة في الماء ودرجة حرارة العينة (دليل جيمس للمياه، 1997). و ربط (Al- Ruwaih, 1996) بين فصل الصيف حيث تزداد درجة الحرارة وتقل كمية الأمطار في الكويت وزيادة نسبة مجموع المواد الصلبة الذائبة في مثل هذه الظروف. بينما لم تكن هناك علاقة واضحة بين تركيز كل من مجموع الأملاح الذائبة مع زيادة عمق البئر(العبد العالي و اخرون.2001). إلا أن (Jain, 2002) اعتبر أن 500 مجم/لتر تجعل من مياه الشرب غير مستساغة، و أكثر من ذلك قامت إدارة حماية البيئة التايوانية Taiwan Environmental Protection Administration (TEPA) بتخفيض حدود مواصفة مياه

الشرب لدرجة تركيز مجموع المواد الصلبة الذائبة المسموح بها من 600 إلي 250 مجم /لتر، و هذا أكثر تشدد من العديد من الدول مثل الاتحاد الأوربي،أمريكا واليابان (Lou *et al* ., 2007). أو حتى في السعودية حيث يصل الحد الأقصى في المواصفة إلي 1000 مجم /لتر.

العسر الكلي Total Hardness (TH)

الماء العسر هو الماء الذي لا يكوّن رغوه مع الصابون. وعموما فان عسر الماء يكون بسبب وجود أملاح الكالسيوم و الماغنسيوم سواء على شكل بيكربونات أو كربونات أو كلوريدات أو نترات. وعادة ما يسمى عسر الماء بالعسر الكربوني أو العسر الغير كربوني تبعا لوجود أو عدم وجود كربونات الكالسيوم أو الماغنسيوم. و أوضح عدد من الباحثين (Yang *et al*, 1996) و (Yang and Hung 1998) أن هناك علاقة سلبية بين العسر الكلي و أمراض المخ و الأعصاب والقلب والسرطان (Sauvant and Pepin, 2002) . ونتيجة لهذه المعلومات والشكاوي من الجماهير قامت بعض الدول والمنظمات والشركات المختصة بالمياه بالتشدد حيال الحدود المسموح بها للعسر الكلي TH من 400 مجم /لتر على هيئة $CaCO_3$ إلي 150 مجم /لتر، مثل إدارة حماية البيئة التايوانية (TEPA) و هذا أكثر تشدد من أمريكا، اليابان، فرنسا و بريطانيا (Lou *et al* ., 2007). وقد أوضحت مجلة الخليج العربي للبحوث العلمية عام 2003 في دراسة أجرتها على عينات مياه في مدينة الإحساء لتقييم جودة مياه الشرب أن مستويات عسر الماء كانت في حدها الأعلى. بالمقابل وجد فريق من الباحثين في السعودية عدم وجود علاقة واضحة بين تركيز العسر الكلي في المياه الجوفية مع عمق البئر (العبد العالي و آخرون، 2001).

الأس الهيدروجيني pH

دراسة المياه الطبيعية عادة تتطلب تقديرتركيز ايون الهيدروجين (H^+) أو الصورة اللوغاريتمية التي تعرف pH، و تعرف عملية التأين بأنها عملية تحول جزيئات مركب ما إلى أيونات، وبالنسبة إلى الماء فإنه قد يحدث تحلل لبعض جزيئات الماء إلى أيوني الهيدروجين الموجب (H^+) و الهيدروكسيل السالب (-OH) (French *et al*.,2002). وقد وجد أن زيادة تركيز أيون الهيدروجين تعني زيادة الحموضة لهذا السائل في حين تعني الزيادة في تركيز أيون الهيدروكسيل زيادة القلوية. وفي حالة الماء النقي يكون عدد أيونات الهيدروجين مساوياً لأيونات الهيدروكسيل (دليل جيمس للمياه، 1997). وتُقاس الحموضة والقلوية في المواد المختلفة عن طريق مقياس الأس الهيدروجيني، و قيمة الأس الهيدروجيني للماء النقي هي٧، وكنتيجة لذوبان ثاني أكسيد الكربون في قطرات المطر أو للنشاط الميكروبي او لذوبان بعض أكاسيد و الغازات الأخرى الملوثة للجو في مياه الأمطار قد يحدث زيادة للحموضة فيها كما هو حادث في الأمطار الحمضية،

حيث تكون مياه الأمطار حَمْضية بعض الشيء و يصل pH الي حوالي 6. عموما فان اغلب المياه الطبيعية تميل إلي الجانب الحامضي (Abdo,2005). يؤثر الأس الهيدروجيني على نوعية الميكروبات التي تنتخب في البيئة المائية من ميكروبات محبة للحموضة، متعادلة أو محبة للقلوية. يؤثر أيضا انخفاض الرقم الهيدروجيني على زيادة ذوبان بعض المركبات مثل الرصاص والزنك (عسيري، 2001). بالمقابل يؤدي ارتفاع pH في المياه إلي التقليل من تأثير الكلور المستخدم في عملية التعقيم لان جزء كبيرا من حمض الهيبوكلوروس الناتج من إضافة الكلور يستخدم ليعادل قاعدية المياه (Morris, 1971).

2-6-1 الخصائص الكيميائية

1-2-6-1 العناصر الأساسية

الكبريتات SO_4

تعتبر من أهم الانيونات (السالبة الشحنة) في المياه، و هي متوفرة في القشرة الأرضية وتتكون من تأكسد الكبريت في الصخور النارية والرسوبية (الدخيل وآخرون،1997). تراكيز عالية منها توجد بالمياه في الشتاء نظرا لغسل الجبس، وكبريتات الصوديوم، وبعض الصخور وعليه فان المياه المترشحة من المناجم تحتوي على تراكيز عالية من الكبريتات. وتنتج الكبريتات كذلك من المركبات العضوية المحتوية عليها وهي موجودة في تدفقات معظم الفضلات الصناعية. تركيز الكبريتات في المياه الطبيعية يتراوح ما بين عدة ملجرامات إلى عدة آلاف لكل لتر. الكبريتات لها فعل مهدئ Cathartic action في حالة وجود أيونات الصوديوم و المغنسيوم (دليل جيمس للمياه، 1997). و في منطقة وادي نعمان فان مصدر الكبريتات هو أكسدة الأملاح الكبريتية من الصخور البركانية ومن الأسمدة والمبيدات المستخدمة في المنطقة (Jamaan,1978). وفي بحث اجري في اليابان عن المياه الجوفية و وجدت علاقة ارتباط ايجابية بين كل من SO_4^{2-}، NO^{3-}، Ca^{2+}، وMg^{2+} (Babiker *et al*., 2004).

النترات NO_3

تعتبر أكثر صور المركبات النتروجينة تأكسدا، وبسبب درجة ذوبانها العالية فهي تعتبر من أكثر ملوثات المياه الجوفية في كثير من المناطق على مستوى العالم مما جعلها مشكلة عالمية دقت ناقوس الخطر بسبب زيادة التعداد السكاني العالمي وزيادة الطلب على المواد الغذائية (Babiker *et al*., 2004). ومن أهم مصادرها الأسمدة التي تستخدم في الزراعة وبالدرجة الثانية مياه الصرف الصحي، المزارع الحيوانية والمخلفات الصناعية (Liu *et al*., 2005). إن تقدير النترات في المياه الجوفية يساعد على متابعة شكل ودرجة الأكسدة في العمليات البيولوجية

والمعالجة لمياه الصرف الصحي (دليل جيمس للمياه، 1997). وقد وضعت إدارة حماية البيئة الأمريكية اعلي مستوى للتلوث (Mmaximum Contamination Level) بالنترات في قانون مياه الشرب 10مجم/لتر (USEPA.,1996). إن المياه الجوفية التي تزيد نسبة النترات فيها عن حد 13 مجم/لتر على صورة NO_3 فإنها تعتبر ملوثة بأنشطة بشرية (Babiker *et al*., 2004). في دراسة أجراها (Liu *et al*., 2005) على 1021 عينة مياه أبار عشوائية في ولاية الباما الأمريكية أخذت على امتداد ثماني سنوات من عام 1992م إلي 1999م وجد أن هناك علاقة بين انخفاض مستوى النترات وزيادة عمق الآبار، من جهة أخرى وجد أن الآبار التي بها تركيز نترات منخفض كانت درجةpH لها مرتفع. في السعودية ونظرا لاعتماد معظم التجمعات السكانية على المياه الجوفية وبسبب التوسع في الإنتاج الزراعي وما يصاحبه من استخدام مكثف للأسمدة النتروجينه، بالإضافة لاستخدام نظام البيارات المنزلية للتخلص من الصرف الصحي أصبحت تلوح مؤشرات تدل على احتمالية كبيره لتلوث المياه الجوفية بالنترات، مما دعا فريق من الباحثين بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية بإجراء بحث لمسح مياه أبار مستخدمة للشرب في مناطق مختلفة من المملكة لتقييم وضع النترات فيها، وقد أوضحت النتائج تفاوت تركيز النترات من 1.1 إلي 884 مجم/لتر، وكانت متوسطات التراكيز بالمليجرام لكل لتر حسب المناطق كالتالي:

65.7 جازان، 60.3عسير، 60القصيم، 51.3حائل، 42 مكة المكرمة، 41.3 المدينة المنورة، 39الباحة، 38 نجران، 30.7 تبوك، 25.2 الشرقية، 18.5الرياض، 15.8 الجوف، 9.1 الحدود الشمالية. وقد تجاوزت تراكيز النترات عن الحدود المسموح بها، حيث بلغت أعلى نسبة تجاوز في آبار منطقة جازان (52% من الآبار) وأدنى نسبة تجاوز كانت في آبار منطقة الحدود الشمالية (4.9% من الآبار). وقد لوحظ أن أغلب التراكيز العالية للنترات مرتبط بآبار الرواسب الوديانية، كما لوحظ أن أكثر الآبار التي يتجاوز النترات فيها الحدود الموجودة في الأراضي الزراعية السكنية (40% من الآبار تتجاوز الحدود)(العبد العالي و آخرون ،2001). وفي وادي الرمة تم جمع عينات من 100 بئر تقع على طول الوادي، وقد وجد أن تركيز النترات عالي و يتراوح بين 37 و570 مجم/لتر(Sowayan and Allayla,1989). و في مدينة الرياض وجد تركيز النترات في عينات من المياه الجوفية يتراوح بين 2.8 و11.6 مجم/لتر بعد عملية التنقية ليصل التركيز بعد عملية الخلط بمياه التحليه إلي 4.4 مجم/لتر (Alabdulaaly, 1999). التأثيرات الصحية بسبب زيادة نسبة النترات في المياه درست بعمق وتم إثباتها، و من أهمها ألأمراض المعوية والسرطان و خضاب الدم المبدل لدى الأطفال (Babiker *et al*., 2004).

النتريت NO_2

النتريت يتشكل في مرحلة متوسطة في دورة النتروجين ويكون غير مستقر، ويتكون في المياه بأكسدة مركبات الألمونيوم أو باختزال النترات كما في أمعاء الرضع، و قد يؤدي لحدوث مرض خضاب الدم المبدل. وقد بدأ القلق مؤخرا لاحتمال تكون نتروزأمين Nitrosamine داخل الجسم من تفاعل النتريت الموجود بالماء أو من تفاعل بكتريا الأمعاء مع النترات الموجودة في مصادر مختلفة منها الأمينات الثنائية والثلاثية الموجودة في الغذاء (دليل جيمس للمياه، 1997). ونظرا لاحتمال وجود علاقة بين النتروزامين وحدوث السرطان فإنها تمثل خطر على صحة الإنسان. التراكيز الشائعة في المياه الطبيعية هي حوالي بضعة أعشار مجم/لتر. توجد أكثر من ذلك في مياه الفضلات المنزلية والصناعية، وخصوصا في تدفقات المياه المعالجة بيولوجيا وفي الجداول الملوثة. من الممكن أن يتغير تركيز النتريت في العينات المجمعة سريعا بسبب الأكسدة البكتيرية أو التحولات الاختزالية. في كندا أجريت دراسة على مجموعة من الآبار تستخدم للشرب و الأنشطة الزراعية في مدينة اونتار ووجد أن ٣٠% من الآبار تحت الدراسة تأثرت بمياه الصرف والمخلفات الحيوانية، وكانت نسبة النتريت مرتفعة في ١٤% من مجموع الآبار تحت الدراسة (Goss *et al*.,1998).

الفلوريد F

يتواجد هذا العنصر طبيعيا في العديد من مصادر المياه العذبة في جميع أنحاء العالم بكميات معتدلة وفي المياه السطحية بكميات اقل، ويتواجد في المياه الجوفية كنتيجة للتحلل من التكوينات الجيولوجية (Nava *et al*., 2003). وهو ضروري لسلامة الأسنان والعظام، ولكن يجب ألا تزيد نسبته في الماء عن1.7مجم/لتر، لأنها تؤدي في حالة زيادتها إلى حدوث تبقع الأسنان Mottling، وهو موجود في كثير من المواد الغذائية وخصوصا الشاي والأسماك (دليل جيمس للمياه، 1997). التراكيز العالية قد تؤدي في النهاية إلى تسمم تراكمي متوطن تنتج عنه أضرار في الهيكل العظمي في البالغين والأطفال حيث يهاجم مركبات الكالسيوم (الطباع، 1998). وقد تسبب الزيادة مرض Skeletal Fluorosis، وقد يصيب الكبد أوالقلب (Nava *et al*., 2003). ومن الشائع إضافة الفلورايد إلى ماء الشرب في حالة عدم وجوده بتركيز مناسب. و يتواجد الفلورايد أحيانا في بعض الأعمال التصنيعية وتبعا لذلك في المياه العادمة للكثير من الصناعات (المشروبات الغازية، الزجاج و السيراميك)، وفي الطبيعية يتواجد على هيئة ايون الفلورين. ويتراوح تركيزه في المياه الجوفية من 0.05 حتى 0.5 مجم/لتر وقد تصل في بعض الأحيان حتى 10 مجم/لتر حسب البيئة الجيولوجية المحيطة بها (البقار، 2006). ونجد أن عملية نقل عينات المياه ودرجة الحرارة وعمليات الحفظ لا تؤثر على محتوى العينة من تركيز الفلورايد (Nava *et*

2003,*al.*). وفي دراسة للزهراني أجراها عام 1991م على 667 عينة مياه لمساكن بأحياء الرياض وجد أن تركيز ايون الفلورايد اقل من الحد الأدنى للمواصفات السعودية لمياه الشرب. بالمقابل في دراسة أخرى في الرياض على المياه الجوفية قبل وبعد عملية التنقية وجد أن تركيز الفلورايد في المياه قبل عملية التنقية يتراوح بين 0.39 و 1.8 مجم /لتر في حين تراوحت بين0.3 و1.26 مجم/لتر بعد عملية التنقية وهو اقل من القيم المطلوبة (Alabdulaaly,1997).

الكلوريد Cl

أيونات الكلوريد السالبة موجودة عادة في المياه الطبيعية، المحتوى العالي منه يدل على التلوث بمياه الصرف أو ببعض الفضلات الصناعية أو من اقتحام مياه البحر. الطعم المالح الناتج عنها يعتمد على التركيب الكيميائي للماء، تركيز 250مجم/لتر من الممكن ملاحظته في بعض المياه المحتوية على أيونات الصوديوم، و من ناحية أخرى فان الطعم المالح قد لا يوجد في الماء المحتوي على 1000 مجم/لتر من الكلوريدات عندما تسود فيه أيونات الكالسيوم و المغنسيوم (دليل جيمس للمياه، 1997). وقد تستخدم زيادة تركيز الكلوريدات كمؤشر على تلوث المياه بمخلفات حيوانية أو بشرية في حالة عدم وجود مسوغات جيولوجية ووجود مؤشرات أخرى مثل ارتفاع نسبة النترات (البقار،2006). في دراسة نشرت في مجلة الخليج العربي للبحوث العلمية عام 2003م أجريت على عينات مياه في مدينة الأحساء لتقييم جودة مياه الشرب، وجد أن تركيز الكلوريد ودرجة الاس الهيدروجيني كانت في الحدود القصوى المسموح بها آو تتجاوزها مما يدعوا إلى التوصية بإجراء المزيد من الدراسات و الإجراءات لمراقبة جودة مياه الشرب.

النحاس Cu

يدخل هذا العنصر في تركيب بعض الأنزيمات، وتقدر الكمية للشخص المتوسط بنحو 80 ميكروجرام لكل كيلو جرام من وزن الجسم، وتتناقص الكمية كلما تقدم السن حتى تصل إلى 30 ميكروجرام بالنسبة للبالغين. وقد لوحظ أن نقص النحاس في جسم الأطفال يمكن أن يؤدي إلى شحوب اللون وفقدان الشهية وتأخير النمو وتورم الجسم (الأوديما Oedema) وذلك بسبب ندرة وجود النحاس في اللبن، أما بالنسبة للكبار فان أي غذاء يتناولونه يمكن أن يحتوي على القدر المطلوب منة، وزيادة تركيزه في جسم الإنسان تؤدي إلي تراكمة في الكبد و الكليتين ويهيج الجهاز العصبي وكذلك يؤثر على قرنية العين (Alabdulaaly and Chammem,2001). ولا تحتوي المياه الطبيعية على النحاس عادة، ويوجد في المياه السطحية بتراكيز تقل عن 20ميكروجرام/لتر(Schock and Neff ,1988). و وجود تراكيز عالية منة يمكن أن يعزى إلى تآكل مواسير النحاس والمخلفات الصناعية (Lasheen *et al.*, 1982). في الهند وجد أن تركيز النحاس في المياه الجوفية في الحدود المسموح بها (Kapoor *et al.*, 1990). أما في

المملكة السعودية فقد أظهرت دراسة على مياه الشرب أن نسبة النحاس مرتفعة بسبب مواسير شبكة المياه، علما أن تأثيره في الطعام أكثر سمية منة في الشراب، و إذا وجد بتراكيز ٧ أجزاء في المليون يكون له تأثير مميت (Alam and Sadiq,1989).

الحديد Fe

يمثل الحديد عنصرا أساسيا من العناصر المعدنية التي لها علاقة بصحة الإنسان فهو أساسي لتكوين هيموجلوبين الدم، ويقدر الحديد الموجود في جسم شخص بالغ متوسط بنحو 3-4 جرام، ومع أن كريات الدم الحمراء تتفتت وتتجدد بمعدل مرة كل 120 يوما فان محتواها منة يستخدم أغلبه في تكوين الهيموجلوبين الجديد، ويعتبر نقصه من الأسباب الرئيسية للإصابة بالأنيميا، وحاجة الشخص المتوسط في مختلف فئات العمر من عنصر الحديد تكون حوالي 5-10 مجم بالنسبة للأطفال تحت سن العاشرة و بالنسبة للمراهقين 9- 18 مجم و بالنسبة للبالغين5 - 9 مجم ، وتزيد عن ذلك بنحو 5-7 مليجرام للنساء يوميا (WHO, 1997). والحديد عنصر شائع في قشرة الأرض وفي أنظمة المياه الجوفية المتأثرة بفعاليات التعدين فان كميات الحديد المقاسه قد تكون عدة مئات من المجم/لتر. في أمريكا وجد أن تركيز الحديد يتراوح بين صفر و 1.3 مجم/لتر في شبكة المياه لمائة مدينة (Zuane,1990). أما في المنطقة الشرقية بالسعودية فقد كان متوسط تركيز الحديد في عينات من الشبكة العامة 0.77 مجم/لتر (Alam and Sadiq,1989). إن تكوين أكسيد الحديدوز المائي يجعل المياه غير مقبوله، هذا الحديد المترسب يعطي اللون البرتقالي على أي سطح يترسب علية بالإضافة إلى الطعم والرائحة وخصوصا عندما تزيد مستوياته عن 0.3 مجم/لتر (دليل جيمس للمياه، 1997).

الصوديوم Na

الصوديوم أحد أكثر العناصر وفرة و يوجد في التربة بتركيز 26جرام/كيلوجرام (عسيري،2001). ويعتبر أحد مكونات المياه الطبيعية الشائعة، تركيزه يتراوح بين قيم قليلة في المياه السطحية الناتجة من بيئات أمطار غزيرة إلى عالية نسبياً في المياه الجوفية العميقة إلى عالية جداً في المياه البحرية وبعض أنظمة المياه الداخلية. الصوديوم بتركيز قدره (10.77مجم/ كجم) (الملوحة = 35مجم/كجم) هو أكثر المعادن وفرة في المياه البحرية (دليل جيمس للمياه، 1997). يعتبر تركيز الصوديوم في المياه مهم عند دراسة ملائمتها للاستخدامات الزراعية، ومع ذلك ولأن السيطرة على إزاحة الصوديوم من الماء قد يكون ضروري للذين يعانون من حالات طبية خاصة، فإن وجود ه في ماء الشرب ربما يحدث بعض القلق، وخصوصاً إذا حصل التبادل الأيوني أو استعمال رماد الصودا Soda Ash لإزالة عسر الماء (Softening)، ويؤدي تناوله

بكميات كبيرة إلي القئ واختلاجات عضلية كما تظهر تأثيرات على المخ والرئة وتلف الأعصاب (عسيري،2001).

البوتاسيوم K

يعتبر من المعادن القلوية ويدخل البوتاسيوم للماء غالبا بذوبان أملاحة من التربة والمخلفات الصناعية، يوجد بتراكيز اقل من الصوديوم ولا يعتبر من ملوثات المياه لان ليس له مخاطر تذكر حتى الآن (عسيري، 2001). له درجة ذوبان عالية في المياه ويحتل الترتيب السابع بين المعادن الموجودة في المياه ولكن تركيزه يبقي قليل في اغلب المياه الطبيعية، يعتبر البوتاسيوم قليل الأهمية فيما عدا أنة من ضمن المواد الصلبة الذائبة وكذلك عند دراسة النسب بين الكاتيونات الأحادية والثنائية الشحنة (دليل جيمس للمياه، 1997).

الماغنسيوم Mg

يحتوى جسم الإنسان البالغ المتوسط على 20-25 جرام من الماغنسيوم، وهو عنصر هام بالنسبة لعمل كثير من الأنزيمات. ويؤدي نقصه إلى حدوث بعض الاضطرابات العصبية والنفسية. و الماغنسيوم يعتبر نسبيا عنصرا متوفرا بكثرة في قشرة الأرض ولذلك يعتبر عنصرا شائعا في المياه الطبيعية (Abdo,2005). وله تأثير مشابه لذلك الموجود في الكالسيوم (يعطي عسر للمياه). تراكيز الماغنسيوم التي تزيد عن 125 مجم/لتر قد تسبب الإسهال للإنسان (دليل جيمس للمياه، 1997).

الكالسيوم Ca

يشكل هذا العنصر المادة الأساسية التي تدخل في تركيب العظام، ويقدر أن الهيكل العظمي للشخص البالغ متوسط الوزن يحتوي على 1.2 كيلوجرام من الكالسيوم الذي يوجد متحدا مع الفسفور في مركب يعرف باسم فوسفات الكالسيوم الذي يعطي للعظام صلابتها. وعليه يجب أن يحصل هذا الشخص من الكالسيوم على 130 مجم/ يوم، و الطفل بين 500 و600 مجم/ يوم (دليل جيمس للمياه، 1997). وتسبب زيادته في تكون الحصوات في الكلى، والكالسيوم يذوب عمليا من جميع الصخور وتبعا لذلك يمكن إيجاده في جميع المياه، وزيادة نسبته في المياه تعطي صفة العسر للماء (Abdo,2005). وإذا كان موجود مع القلوية أو الكبريتات قد يسبب تشكل الرسوبيات على السخانات (دليل جيمس للمياه، 1997).

1-6-2-2 العناصر الشحيحة والمشعة

الوجود المحدود والوفرة البيولوجية للمعادن النادرة في الماء تتحكم بها التداخلات الفيزيائية و الكيميائية وحالة الاتزان، هذه التداخلات تتأثر بعدة عوامل تتضمن درجة pH، والاختزال

Redox، درجة الحرارة، عسر الماء، تركيز CO_2، نوع وتركيز المواد الرابطة Ligands، العوامل المساعدة على الذوبان ونوع و تراكيز الأيونات المعدنية (دليل جيمس للمياه، 1997). يتعلق القلق من ناحية المعادن النادرة بسميتها وتأثيرها البيولوجي وخصوصاً للأيونات غير المعقدة لخطورتها على صحة الإنسان بسبب احتمالية تراكمها في الجسم (Mohamed and Al Shehri 2007). من ناحية التوجيهات لأغلب المعادن النادرة فإن المشاكل تتعلق في تحديد كميتها وإمكانية احداث تسمم، وعوامل تزيد تركيزها كل ذلك يقود إلى دعم حساب تركيز المعادن الكلي كإجراء حماية من ناحية نوعية الماء، ولكن ليس كعمل روتيني بل يكفى فحصها مره كل خمس سنوات (دليل جيمس للمياه، 1997). و على سبيل المثال للعناصر النادرة وجد أن مصدر الرصاص في مياه الشرب هو المواسير و الوايتات ويكون أعلي تركيز في أول لتر من مياه الصنبور (Rozelle,1987). وفي دراسة لتركيز العناصر الثقيلة في مياه الشرب أجراها فريق علمي بجامعة الملك فهد للبترول والمعادن بالمنطقة الشرقية، وجد أن تركيز الرصاص والنيكل في 25% من العينات تحت الدراسة تجاوزت الحدود المسموح بها. أما في المياه المعبأة في المنطقة الشرقية فقد وجد أن تركيز الرصاص والكروم في 6.5% من العينات تحت الدراسة أعلى من الحدود المسموح بها (Hassan and Mustafa ,1988). وفي دراسة لكلية الهندسة بجامعة الملك عبد العزيز على عينات مياه شرب تجارية وجد أن تركيز الرصاص، الكادميوم والألمنيوم ضمن الحدود المسموح بها(ALGarni,1992). و في عام 2004م قدمت وكالة حماية البيئة الأمريكية الحدود القياسية لعشرين عنصر نادر بعد إجراء مسح للمياه الجوفية والسطحية امتدت من 1991م الي 2002م، شملت Al , Sb , As , Ba ,Be , B , Cd , Cr , Co , Cu , Pb , Sr , Tl , U, V Li , Mn , Mo , Ni ,Se , Ag (Apodaca , 2006).

3-2-6-1 المشتقات البترولية

اتفق علماء الكيمياء على تقسيم المركبات إلي عضوية وغير عضوية Organic & Inorganic بناء على تواجدها في المملكة الحيوانية و النباتية أو من الجوامد في القشرة الأرضية، كما اتفقوا على تعريف المركبات العضوية على أنها مشتقات الكربون Carbon Derivatives وعلى نفس المنهج فان البترول يعتبر المعدن العضوي الوحيد المتواجد في باطن الأرض حيث أن أكثر من 97% من مكوناته من المواد الهيدروكربونية Hydrocarbons (العمري،1411هـ). إن المركبات العضوية مثل Tetrachloroethyene، Tetrachloroethane، Chloroform، Carbon tetrachloride و Benzene وجدت في المياه الجوفية لكل الولايات الموجودة شرق نهر المسيسبي، ومن بين ثلاثة وثلاثين مركب عضوي اختار معهد السرطان القومي في أمريكا

أربعة عشر مركبا منهم لاختبارها على حيوانات التجارب، وكانت احد عشر مركب منها تسبب السرطان في الحيوانات (Metzler, 1982). وتؤدي عمليات استغلال النفط والتعدين إلي مخاطر كبيرة، خاصة تسربها إلي المياه الجوفية. ففي المناجم وحقول النفط تتم إزالة طبقة من الصخور تعتبر بمثابة طبقة حماية للتكوين المائي من التلوث، بالإضافة إلي إنتاجها سوائل يتم التخلص منها عند السطح وقد تجد طريقها إلي التكوينات المائية الجوفية بالإضافة إلي الأكوام المعطوبة من المنتجات التي ربما تترشح إلي المياه الجوفية (الهيتي،2000). كذلك أدت زيادة عدد المصانع ومنتجاتها ومستودعاتها ومخلفاتها التي قد تردم تحت الأرض بطريقة غير نظامية إلي تسليط الضوء ووجه المختصين لحماية البيئة لمراقبة المياه الجوفية (Metzler, 1982). وقد سجلت عدة حالات مماثلة لما سبق، ففي مدينة زاي بو في شمال الصين حيث تغلغلت الفضلات البترولية من المصانع البتروكيماوية في الأرض ولوثت المياه الجوفية على مساحة اكبر من 10كيلومتر مربع، وفي تايلاند أصبح عدد من الآبار المستخدمة للشرب ملوثة بالزرنيخ المترشح من نفايات عمليات التعدين (الهيتي،2000). من جهة أخرى حذرت الدراسات الحديثة من مخاطر تسرب الوقود من خزانات المحطات إلى المياه الجوفية (Wan *et al*., 1998). و يشكل إهمال مراقبة خزانات محطات الوقود الموجودة تحت الأرض وعدم فحصها و ملاحظة وجود أي علامات للتسرب خطراً كبيراً على الصحة العامة، حيث يؤدي وجود أي تسرب إلي تلوث المياه الجوفية بأنواع الوقود سواء بنزين، ديزل أو كيروسين. ففي الولايات المتحدة أشارت دراسة ضمن تقرير مجلس مراقبة مصادر المياه من دائرة الخدمات الصحية إلى أن هناك خطر تسرب من 1189 موقعاً لخزانات وقود تحت الأرض لمياه الشرب، وانه من عام 1984م تم إغلاق مليون وسبعمائة ألف خزان تحت الأرض نتيجة حدوث خلل أو تسرب (USEPA, 2008). وقد أغلقت 39 بئر تزود بمياه الشرب بسبب التلوث بمادة Tetrachloroethyene وهو ما تكرر في كل من نيويورك، نيوجيرسي و بنسلفانيا (Metzler,1982). وقد وجد أن بعض المركبات العضوية الطيارة مثل Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene و المعروفة اختصارا (BTEX) من المركبات المفيدة للكشف عن التلوث البترولي، وهي من أكثر المواد التي تم الكشف عنها في عينات من المياه الجوفية نتيجة تسربها من خزانات الوقود (Farhadia *et al*., 2006). وفي خليج سان فرانسيسكو وحدها هناك 251 موقعاً تسرب منها مادة الميثيل ثلاثي بيوتل الأثير Methyl, Tri ,Butyl, Ether (MTBE) التي لوثت حتى الآن 48 بئراً من شبكة المياه العامة، مما يقتضي إغلاقها أو تنظيفها (USEPA, 2003). وفي دراسة حديثة في ألمانيا أظهرت النتائج أن من بين عشرة مواقع تم اختبارها وجد MTBE في خمس مواقع منها وبنسبة تركيز وصلت إلي 87 مجم/لتر (Martienssen *et al*., 2006). وفي السعودية تشكل محطات

الوقود المنتشرة داخل الأحياء السكنية مشكلة في كل مدن المملكة، وتزداد المشكلة في حالة المحطات القديمة التي تبقى دون أي نوع من الصيانة (الجاراللهـ 1420هـ). ويكمن الخطر في تغلغل الوقود في ثنايا التربة فإذا كانت قليلة فهي تحتجز بفعل القوة الشعرية، وتكون طبقة غير متحركة وإذا كانت كمية التسرب كبيرة فتتخلل داخل التربة بفعل الجاذبية الأرضية حتى تصل إلي المياه الجوفية مكونة بركة فوقها حيث يذوب جزء منة في المياه وتنتشر المادة المذابة بفعل الجريان مع حركة المياه والتشتت الهيدروديناميكي الناجم أساساً عن عدم تجانس المياه، ويعتمد مدى انتشار الملوثات على خصائصها الفيزيائية، مثل درجة الذوبان وسرعة التحلل البيولوجي (Kao and Wang, 1999). وفي القصيم وجد أن من بين ستة عينات مياه خمس عينات منها تحتوي على كميات ضئيلة جدا من مشتقات بترولية في عام 1983م، مقارنة بمناطق أخرى في السعودية حيث كانت 3 عينات ايجابية من بين 49عينة (Amer *et al*., 1990).

وقد حذرت مصلحة المياه والصرف الصحي في مدينة الرياض في رمضان عام 1421هـ من تلوث في مياه الشرب في حي الحائر جنوب الرياض بعد تلقيها عدة بلاغات من سكان الحي عن ظهور رائحة غريبة في المياه مع وجود مواد غير طبيعية في مياه الشبكة. وأوضحت أن التلوث منحصر في حي الحائر فقط، وناتج عن اختلاط المياه بزيوت ومواد بترولية. بالمقابل تضمنت تقارير رسمية لمصلحة المياه والصرف الصحي في مدينة الرياض في شهر ذو القعدة من عام 1424هـ تحذيرات لسكان حي الملز بالرياض بالامتناع عن شرب مياه الشبكة التي تغذي المنازل لوجود تغير في لون ورائحة المياه فيها، حيث انها اختلطت بزيوت(مصلحة المياه،2004). ومع تحول ارامكوا السعودية إلى البنزين الخالي من الرصاص بهدف الحد من تلوث الهواء زاد الأمر تعقيداً وخطورة، فالوقود الجديد يستخدم مادة المثيل ثلاثي بيوتل الايثر (MTBE) بدلاً من الرصاص كعامل مؤكسد يرفع فعالية الاحتراق وهو سريع الذوبان(الغامدي،2005).

وتشير الدراسات التي أجرتها جامعة الملك فهد للبترول والمعادن أن المشكلة معقدة جداً، وأن تقنيات المعالجة ليست مجدية اقتصادياً، وقد أوصوا بالتركيز على إجراءات الحماية وقد صدر قرار صاحب السمو الملكي مساعد وزير الداخلية للشئون الأمنية حول المعايير التصميمية لمحطات الوقود بتاريخ 1420/11/10هـ. وقد قامت إدارة الدفاع المدني بمدينة مكة المكرمة بمسح شامل لمنطقة من مناطق مكة المكرمة وحصرت المحطات التي تستنزف هذه الملوثات وأصدرت تعليماتها باستبدال الخزانات الأرضية التي مضى على تأسيسها أكثر من عشر سنوات بخزانات جديدة حسب المواصفات (الدفاع المدني، 1410هـ).

4-2-6-1 المبيدات

المبيد كلمة لها عدة معاني ولكن بالمعنى الضيق يعرف بالمواد الطبيعية أو الكيمائية المصنعة التي تستعمل لقتل الحشرات (أبوقرية، 1429هـ). فيما قسم أبو خطوه التعريف إلي قسمين قديم وهو المادة الكيميائية التي تستخدم لقتل الآفة الحشرية وحديث بعد عام 1990م بالمادة الكيميائية الطبيعية أو المصنعة التي تستخدم للحد من أعداد آفة حشرية في ظل تقنيات تؤمن سلامة البيئة والإنسان (أبو خطوه، 1429هـ). وتقسم المبيدات بعدة طرق منها حسب الآفة المستهدفة (مبيد حشري، فطري، عناكب، نيماتودي و أعشاب أوحشائش ضاره) أو حسب الشكل النهائي للمبيد (مبيد سائل، بودرة، مستحلب مركز و قابل للبلل) أو حسب درجة السمية (مبيد سام جدا، متوسط السمية و خفيف السمية) أو حسب طريقة تصنيعها (مستخلصة طبيعيا، مركبات غير عضوية، مواد عضوية) أو حسب طريقة عمله (الجهاز الهضمي، الجهاز التنفسي، بالملامسة) أو حسب المجاميع (الفسفورية العضوية، الكلورونية العضوية، الكرباماتية العضوية، البيرثرويدية، النيكوتينويد، النيريستكوسين، المبيدات منظمات النمو و مبيد الترايازول الفطري) (الفهيد، 1424هـ). و يوجد نحو مائتين وخمسون مادة فعالة في نحو 2500 مستحضر تجاري في الأسواق تستخدم في مكافحة الآفات الحشرية الزراعية، صوامع الغلال، المخازن، مكافحة آفات الصحة العامة وفي المكافحة المنزلية (أبوخطوه، 1429هـ). وتعتبر الزراعة مسئولة عن التلوث الخطير للمياه الجوفية في كثير من مناطق العالم من خلال الاستعمال المكثف لها وخصوصا إذا كان الاستعمال مصحوبا بري شديد للمنطقة الزراعية المعالجة بالمبيدات مما ييسر وصول المبيدات إلي المياه الجوفية. و التراكيز المسموح بها للكثير من المبيدات في مياه الشرب تتراوح بين 0.1 و100جزء في المليون (الهيتي، 2000). وتعددت طرق إزالة المبيدات من المياه مثل استخدام الكربون النشط وبعض أنواع الفلاتر و استخدام تقنيات النانو الحديثة (Bruggen *et al* 2001,.. وكان إجمالي حالات التسمم في أمريكا في عام واحد 22423 حالة مسجلة، 90% منها حالات بسيطة أمكن التعامل معها و 10% مضاعفات خطيرة ووفيات وحالات انتحار (أبو خطوه، 1429هـ). و قد تم الكشف عن أكثر من سبعين نوع من المبيدات وجدت في المياه الجوفية، منها Atrazine , Aldicarb, Simazine, Cyanazine (Ritter,1990). وتجد هذه المبيدات طريقها إلي المياه الجوفية عن طريق جريان المياه المباشر، الري، الإهمال، التخلص من العبوات الفارغة وغسيل المعدات. وتعتبر المبيدات العضوية الكلورية غير قابله للتحلل الحيوي و يمكن أن تتركز في الكائنات الحية عن طريق السلسلة الغذائية، مثال ذلك المبيد الشهير الذي يظل ثابت في التربة لفترة طويلة جدا تتراوح بين أربع إلي ثلاثين عام Dichloro- Diphenyl- Trichloroethane (DDT) (Sankararamakrishna *et al*. ,2005).

بالمقابل تعتبر المبيدات العضوية الفسفورية الأكثر استخداما في سوق المبيدات الحشرية العضوية وذلك لعدة أسباب منها المجال الواسع لاستخداماتها في أعداد كبيرة من الحشرات وعلى مختلف المحاصيل وتكاليف وأداء التحاليل جيده و أخيرا تدني مستوى مقاومة الحشرات لها مقارنة مع الأنواع الأخرى، ومن أهم الأمثلة عليها الباراثيون، الميثل باراثيون والمالاثيون وهي من أكثر الأنواع مبيعا في أمريكا الشمالية (دليل جيمس للمياه، 1997). ويعتبر الآن الكشف عن المبيدات في المياه من الضروريات، وقد تم الكشف على المياه الجوفية لمدينة حيدر أباد عن طريق اخذ 24 عينة عشوائية، وقد وجدت ملوثة بأربعة أنواع من المبيدات حيث وجد DDT، β- Endosulfan، α-Endosulfan، Lindane و بمتوسط بين 0.15- 0.19 ميكروجرام/لتر، وكان متوسط تركيز α-Endosulfan بين 1.34- 2.14 ميكروجرام، و متوسط تركيز β- Endosulfanبين 0.21-0.87 ميكروجرام، و وجد مبيد Lindane بمتوسط بين 0.68- 1.38 ميكروجرام وهي أعلى من الحدود المسموح بها في المواصفات المحلية للهند و العالمية *et* Shukla *et al*.,2006). و في دولة المغرب العربي لم تبدأ عملية الكشف عن المبيدات في المياه فعليا حتى عام 2007م حيث تم الكشف عن 23 نوع من المبيدات في منطقة لوكس بشمال المغرب، وقد وجدت آثار من المبيد Endosulfan ولكن كانت ضمن الحدود المسموح بها، ولم توجد آثار مبيدات (Triazines and Phenylureas) التي تنتمي لمبيدات الأعشاب الضارة Herbicides (El Bakouri *et al*., 2007). وفي مصر تمت دراسة وجود المبيدات الكلورية في مياه اسماك بحيرة التمساح والبحيرات المره بقناة السويس، وقد أشارت النتائج إلي وجود تركيزات من DDTs , Cycodienes تتراوح بين 2.13-18.04 ميكروجرام/لتر و 3.99- 12.16 ميكروجرام على الترتيب في مياه المنطقة (عثمان والحامد، 2005). وقد يؤدي سوء استعمال المبيدات إلي ارتفاع نسبة احد العناصر الكيميائية الأخرى بصورة كبيره تؤدي إلي حدوث حالات تسمم مثل وجود الزرنيخ في المياه على هيئة الارسنيت نتيجة استخدام المبيدات الحشرية (دليل جيمس للمياه، 1997).

3-6-1 الأنشطة الإشعاعية

ظاهرة النشاط الإشعاعي موجودة في الطبيعة بشكل طبيعي وقد اكتشف هذه الظاهرة العالم الفرنسي هنري بيكريل عام 1897م، ثم اشتق العالم بيار وزوجتة البولندية ماري كوري التعبير (النشاط الإشعاعي Radio Activity) للدلالة على مقدرة نوى بعض الذرات على التحول التلقائي إلى نوى أخرى يرافق العملية صدور أشعة هي ألفا (α)، بيتا (β) و جاما (γ)، واكتشفا أيضا عنصرين جديدين يوجدان في خامات اليورانيوم العنصر الأول أطلق عليه الراديوم وهو

عنصر أقوى في نشاطه الإشعاعي من اليورانيوم بينما العنصر الثاني أطلقا عليه بولونيوم، وبعد 10 سنوات اكتشف رذرفورد في عام 1908م الغاز النشط إشعاعيا بواسطة التحليل الطيفي وسمي غاز الرادون. و قبل اكتشاف هذه الظاهرة كان يعتقد أن لكل عنصر حالة واحدة يظهر بها، تحدد خواصه وله خانة في الجدول الدوري، ولكن اكتشاف هذه الظاهرة أكد وجود أكثر من حالة فيزيائية نووية لكل عنصر تسمى بالنظائر. ونظائر العنصر تحتل المكان نفسه في الجدول الدوري، فللهيدروجين ثلاثة نظائر هي التريتيوم، الدوتيرريوم والهيدروجين (Anonymous., 2009). وتختلف نظائر العنصر في خواصها النووية و تتطابق في خواصها الكيميائية. وتقسم النظائر إلي قسمين الأول نظائر مستقرة لا تتغير أبداً وتشكل غالبية العناصر الموجودة بالطبيعة، والثاني نظائر غير مستقرة أو مشعة بسبب الطاقة الزائدة داخل نوى ذراتها مما يجعلها تسعى دائماً للتخلص منها، وعندما تطلق جزء أو تطلقها كلها نقول أنها تفككت أو اضمحلت، وبالنتيجة تنتقل نواة الذرة من حالة إلى أخرى إذا أصدرت أشعة غاما، او تتفكك و تتحول الي نظائر ينتج عن كل تحول أشعة ألفا أو بيتا وهكذا إلى أن نصل في النهاية إلى نظير مستقر هو أحد نظائر الرصاص، وقد يصل عدد هذه النظائر الناتجة إلى خمس عشر نظيراً تسمى سلسلة إشعاعية أو أسرة إشعاعية وتسمى بنات. ولبعضها شهرة فائقة ويستفاد منها في أكثر من مجال ففي الصناعة يستخدم اليورانيوم للحصول على الطاقة (Focazio *et al* ., 1998). و يوجد النشاط الإشعاعي الطبيعي في المياه الجوفية في العديد من مناطق العالم وخاصة تلك التي تتميز بوجود نشاط حراري أرضي وفي المناطق البركانية وكذلك في المناطق التي تتكون من صخور تحتوي على معادن يدخل في تركيبها الكيميائي عناصر مشعة مثل الصخور النارية الجرانيتية، و يتواجد اليورانيوم في الطبيعة في مواقع جيولوجية متنوعة وبتراكيب كيميائية مختلفة ويعتبر من أكثر العناصر المشعة التي توجد في المياه الجوفية حيث تتراوح تركيزاته في العادة ما بين 5 - 10 أجزاء في البليون، أما بالنسبة للمياه الجوفية التي تمر خلال صخور غنية باليورانيوم فعادة ما تحتوي على تركيزات تفوق 200 جزء في البليون و سجلت في بعض مناطق العالم تركيزات وصلت إلى 18 جزءاً في المليون. و من المعروف أن الرادون يتسرب إلى الهواء الجوي والمياه الجوفية و يصل إلى المنازل من خلال شقوق في أساساتها، و يمكن أن ينتقل مباشرة إلى الإنسان بالتسرب أومن خلال تناول الحيوانات أو الأسماك التي تتركز في أجسامها(البسام،2006). ويحدث أيضا تلوث الهواء عند زيادة تركيز غاز الرادون به، وغاز الرادون غاز خامل، عديم اللون و الرائحة و له نشاط إشعاعي ولذلك يتحلل بانبعاث جسيمات ألفا المشحونة إلى نواتج و نظائر تسمي ببنات الرادون Radon Daughters (Farid,1996). وعندما يستنشق الإنسان هذا الغاز تلتصق جسيمات الفا المؤينة بالغشاء المبطن للشعب الهوائية بالرئة و تستقر بها مما

يسبب خطر الإصابة بالأمراض الصدرية مثل سرطان الرئة، وهذه النظائر جميعها باعث لإشعاعات جاما. وتقاس طاقة الأشعة بوحدة تدعى المليون إلكترون فولت أما الشدة الإشعاعية وهي عدد النوى المتفككة خلال وحدة الزمن لعينة مشعة ما فتقاس بوحدة تسمى الكوري (Anonymous , 2009). وقد حددت الوكالة الأمريكية لحماية البيئة US EPA واللجنة الدولية للحماية من الإشعاع International Commission on Radiological Protection (ICRP) حدود التركيز الآمن لغاز الرادون في الهواء بما لا يزيد عن 1.25 بيكوكورى/لتر. وفي دراسة أجريت بجامعة الملك عبد العزيز تم اخذ عينات مياه مختلفة من مدينة جدة شملت مياه تحليه، مياه آبار معالجة، مياه طبيعية معبأة محليا لعدة ماركات ومياه مقطرة، وقد وجد أن أعلى قيمة لتركيز الرادون كانت في المياه الطبيعية المعبئة وكانت اقل من الحدود القصوى للمياه حسب الوكالة الأمريكية وهي11 بيكوكوري/لتر pCi/L picocuries per liter (Farid,1996).

4-6-1 الخصائص الميكروبيولوجية

في أمريكا حصلت 127 حادثة مرضية تتعلق بالمياه، كان اغلبها بسبب مياه جوفية استخدمت للشرب بعد المعالجة خلال الفترة من 1990م إلي 1998م حسب ما ورد في تقرير لمركز مكافحة الأمراض الأمريكي. وتعتبر المجاري ومخلفات الحيوانات من أخطر مصادر تلوث مياه الشرب صحيا، وإذا تم التلوث حديثا عن طريق المرضى أو حاملي الأمراض المعوية مثل التيفويد و الزحار (الدوسنتاريا الأميبية) فان المياه قد تحتوي على الميكروبات الحية لهذه الأمراض (Okpokwasili and Akujobi, 1996). و من غير العملي محاولة اكتشاف هذه الأنواع من الميكروبات بطريقه روتينية في عينات مياه الشرب ونظرا لتواجد الميكروبات البرازيه العادية بأعداد اكبر بكثير من الممرضة في البراز ومياه الصرف الصحي فان عدم وجود الأولى يشير بوجه عام إلى خلو المياه من الميكروبات الممرضة، وهذه الميكروبات البرازيه العادية من السهل اكتشافها في المياه كما أن استخدامها كدليل على التلوث البراز ي يعطي في حد ذاته الأمان (Dennis *et al*., 2000). و تعتبر مجموعة الميكروبات القولونية (Coliform Group) وبكتيريا ايشريشيا كولاي (*Escherichia coli*) من أكثر الدلائل استخداما للكشف عن تلوث مياه الشرب (Karl, 1998).

الميكروبات الكشفية البرازية

تتبع مجموعة بكتيريا القولون الفصيلة الانتيروبكتيريه *Enterobacteriacea* وهي تشمل: *Klebsiella, Citrobacter, Enterobacter,* و *E.coli*. بكتيريا هذه المجموعة عصويات مستقيمة سالبة الجرام لا هوائية اختيارية، متحركة بأسواط جسدية غير محدودة العدد أو محدودة

مثل الجنس *Enterobacter* أو غير متحركة مثل الجنس *Klebsiella* معلبة أو غير معلبة، غير محبة للملوحة، عادة تختزل النترات إلى نتريت، المستعمرات غير ملونة أو ملونة، بعضها مترممة والبعض ممرض للإنسان واسعة الانتشار في الطبيعة (تربة، مياه، أسطح الثمار) وتعتبر هذه المجموعة من أكثر الدلائل استخداما للكشف عن التلوث وبالذات ميكروب *E.coli* (Warburton *et al*., 1998). ولا يوجد شك في أنها تدل على تلوث برازي، إلا أن ما يدل عليه وجود الأنواع الأخرى من المجموعة القولونية مازال محلا للجدل ويحتمل أن تكون جميع أنواع المجموعة القولونية ناتجة عن مصدر برازي، وبناء عليه فإن وجود أي نوع منها في الماء يعني وجود مصدر للتلوث البرازي، إلا في الحالات التي يثبت فيها أن أنواعا معينة ليست ذات أصل برازي. وبغض النظر عن استخدام ميكروبات المجموعة القولونية للدلالة على تلوث المياه من مصدر برازي فإن هذه المجموعة تعتبر عادة غريبة عن الماء، وإن وجدت فإن ذلك يدل على تلوث المياه على أوسع نطاق (Kuhn *et al*., 1997).

العصويات المعوية (*Escherichia*)

جنس *Escherichia* أحد أفراد عائلة *Enterobacteriacea* وتتميز بالصفات التالية: عصوية صغيرة، سالبة الجرام، متحركة، غير متجرثمة، تعيش في ظروف لا هوائية، موجبة الكتاليز، سالبة الأكسيديز، تحلل السترات، وتخمر السكريات مع إنتاج غاز، ومعظمها قادر على تخمير سكر اللاكتوز مع إنتاج غاز وحامض، وموجبة الأندول (Gergely, 2004). يفضل الميكروب النمو في مدى من الأس الهيدروجيني pH من (4.4الى 9)، كما يستطيع النمو وإنتاج السموم في بيئة يصل نشاطها المائي 0.95 ويستطيع النمو عند 44 مئوية (Niemi *et al*.,2001). ويضم جنس *Escherichia* ستة أنواع هي:

E.coli, E.blattae, E.adecarboxylate, E.fergusonii, E.hermanii,. وتعد بكتيريا *E. coli* في السنوات الأخيرة من أكثر الميكروبات الممرضة انتشارا، ومتخصصة في كلا من الأمراض المعوية Intestinal Diseases والتسمم المعوي. ولقد تم تقسيم السلالات الممرضة من هذا الميكروب إلى خمسة مجاميع وذلك لعدة أسس منها تميز صفات الضراوة والصفات الانتيجينية، وكذلك تميز أعراضها التشخيصية والوبائية وهي كما يلي :

1-السلالات المعوية الممرضة *E.coli* Enteropathogenic (EPEC). وهي تسبب إسهال الرضاعة عند الأطفال Infantile Diarrhea و تنتج نوع او أكثر من السموم ، لها القدرة على الالتصاق بخلايا المعدة بالإضافة لتداخلها مع نظام نقل الأملاح في الخلايا المبطنة للمعدة.

2- السلالات المعوية السامة *E.coli* Enterotoxigenic (ETEC). وهي تسبب إسهال المسافرين Travelers Diarrhea وهي تنتج السموم المعوية الثابتة والغير ثابتة للحرارة.

3- سلالات الغزو المعوي *E.coli* Enteroinvasive (EIEC). سلالات الغزو المعوي غالبا غير متحركة و تشبه خواصها الانتيجينية أنواع من *Shigella* حيث تغزو الغشاء المخاطي للخلايا المبطنة للقولون مسببة التهابات للأمعاء الغليظة.

4- سلالات النزيف المعوي *E.coli* Enterohaemorrhagic (EHEC). وهي تنتج ثلاث أنواع من السموم Vero Toxoins لذلك يطلق عليها (*VTEC*)، وهي تسبب نوعين من الأمراض هما النزيف الدموي للقولون Haemorrhagic Colitis والتهاب الجهاز البولي Syndrome Hemolytic Uremia .

5- سلالات الالتصاق المعوي (EA-AggEC) Enteroadherent_Aggregative. وهي مرتبطة كمسبب للإسهال ذو الهيئة الوبائية والمعلومات محدودة عنه والإسهال يكون مصحوب بإفرازات دموية قد تستمر حوالي 14 يوم (Benenson and Chin,1995) .

ضمات الكوليرا *Vibrio cholera*

وصفت الضمات وأعطيت اسم في عام 1854م بواسطة Pacini، بعد 32سنة عزل Koch نفس الميكروب و أعاد تسميتها *Kommabacillus* بسبب الشكل الخارجي (Lederberg , 2000). ألان يوجد أكثر من 32 نوع وهي سلبية الجرام هوائية اختيارية، تستخدم عادة بيئة (TCBS) Thiosulphate Citrate Bile Salts لعزل الضمات. تم عزل أنواع رئيسية من ضمات الكوليرا هي: *Vibrio cholera* O1, *Vibrio cholera* O139 أو non-O1. كوليرا،وتقسم O1 إلي نوعين الكلاسيكي والطور، ويمكن تقسيمها إلي Inaba، Ogawa و Hikojima (Albert,1994). ويمكن أن تنتشر الكوليرا بواسطة الغذاء أو الماء (Jawetz *et al*., 1989). عامل الضراوة هو إفراز سموم تنشط دورة الادينوسين أحادي الفوسفات (cAMP) في الخلايا المخاطية للأمعاء، مما يسبب إسهال حاد وقد يؤدي إلي الموت (Lederberg ,2000).

السالمونيلا *Salmonella*

هي بكتيريا عصوية الشكل غير متجرثمة وغير مقاومة للحرارة وتتميز بامتلاك أسواط حركة، هوائية اختيارية وهناك أكثر من 1400 نوع منها. لها مدى واسع من الحرارة بين 7مئوية إلي 45°. تنمو على العديد من البيئات مثل Xylose Lysin Deoxycholate (XLD) و بيئة *Salmonella Shigella* (SS) (Cheesbrough, 1984). تسبب مرض حمى التيفوئيد والبارتيفوئيد، وقد تم ربط الإصابة بعدوى السالمونيلا في الماشية التي ترعى في منطقة تروى بمياه الصرف الصحي والعدوى في الإنسان(Reilly and Stitt,1983). أجريت العديد من الدراسات التي أثبتت أن المحاصيل التي تستخدم في عملية الري مياه الصرف الصحي تكون مصدر للسالمونيلا حيث تم عزل الميكروب من محصول الخس (Vargas *et al* .,1991). وقد

ثبت أن حمى التيفوئيد تتفشى إذا استخدمت مياه الصرف الصحي في ري المحاصيل الزراعية (Hillel,1993).

عصويات الدرن *Mycobacterium*

اطلق اسم الجنس *Mycobacterium* من العالم Robert Koch منذ عام 1882م عندما وصف Tuberkelbazillus (Collins *et al* .,1984). وهي عصوية الشكل تبلغ 0.4X3 ميكرون على البيئات الغذائية، هوائية لا تكون جراثيم وتصبغ بصبغة Acid Fast Bacilli (AFB) وليس بصبغه جرام (Jawetz *et al* ., 1989). تشمل عائلة *Mycobacteriaceae* عدة أجناس من أشهرها *Mycobacterium laprae* التي تسبب مرض الجزام، بالمقابل تعتبر الأنواع المسئولة عن مرض الدرن في الإنسان: *M. bovis, M. tuberculosis, M. africanum* ، وهي تختلف عن الأجناس الأخرى التي تسمى Atypical mycobacteria أو البيئية Nontuberculous (NTM)، وهناك أكثر من خمسين نوع تم تعريفها وهي تسبب أمراض في أجزاء مختلفة من الإنسان خصوصا مرضى الايدز (Dailloux *et al*.,1999).

وقد أعلنت منظمة الصحة العالمية في عام 1999م أن هناك حوالي ثمانية مليون حالة درن و اثنين مليون حالة وفاه بسبب الدرن (Wahdan *et al* .,2001). بلغ معدل الإصابة في تايوان61.3 حالة كل مائة ألف شخص (Lee *et al* ., 2003). ويعتبر ثاني مرض من حيث الانتشار في العالم و أول مرض من حيث عدد الوفيات (Kanchana *et al* .,1999). هذه النسبة ترتفع في المملكة خصوصا بين الوافدين من العمالة المنزلية والعمالة بشكل عام، كما أن نسبته ترتفع في المدن التي تستقبل الحجاج ثلاثة أضعاف خصوصا في موسمي الحج والعمرة مقارنة بمدن السعودية الأخرى (Alzeer *et al*.,1998). وتعتبر نسبة الإصابة بالدرن في السعودية مرتفعة على الرغم من انخفاضها من 135 إصابة لكل مائة ألف شخص عام 1980م إلي 18.6 حالة لكل مائة ألف شخص عام 1990م (Khan *et al*., 2000).عصيات الدرن لا تعيش عند التعرض للحرارة وأشعة الشمس ومن أكثر الطرق التي تنتشر بها الأمراض ذات العلاقة بميكروب الدرن هي الاستنشاق للهواء الملوث به، أو عن طريق الحليب أو الاجبان الملوثه بالميكروب وغالبا ما تكون يدوية الصنع (Angela *et al* ., 2006). وعن طريق المياه بمختلف أشكالها سواء السطحية أو الجوفية (Collins *et al* .,1984)، أو حتى مياه الشبكات العامة (Falkinham *et al*., 2000). وقد أمكن عزل أنواع من هذا الميكروب من المياه المستخدمة في أجهزة غسيل الدم لمرضى الفشل الكلوي (Carson *et al*., 1988). والمستخدمة لغسيل الفم في كراسي عيادات الأسنان (Porteous *et al*.,2004). وكانت تعتمد عملية التشخيص على فحص عينات البصاق بعمل شريحة بصبغة (AFB) (Tu *et al* ., 2007). بعد

ذلك تم تطوير بيئة لعزل الميكروب تعتمد على Egg-Based Media مثل Lowenstein-Jensen(LJ) أو بيئة Ogawa، بعد ذلك وفي عام 1958 طور كل من Middlebrook و Cohn بيئة تستطيع عزل و زراعة الميكروب عليها في فترة تمتد إلي أربع أسابيع، بعدها تم تطوير جهاز شبه آلي لتنمية ومراقبة نمو الميكروب من خلال تقدير CO_2 ^{14} الذي يفرزه الميكروب تحت مسمى تجاري Bactec 460. في عام 1980م تم تطوير جهاز Bactec 460 TB خاص بعزل الدرن وعمل اختبارات الحساسية يعتمد على المواد المشعة (Siddiqi and Gerdes., 2006). و لصعوبة التخلص من النفايات المشعة طور جهاز جديد لتنمية ميكروبات الدرن بمسمى Mycobacteria Growth Indicator Tube (MGIT) ، ثم ظهر الجهاز الآلي بالكامل (MGIT 960) (Kanchana *et al* .,1999).

2 .الفصل الثاني

المواد و طرق العمل

2-1 منطقة و مراحل الدراسة

تم تحديد منطقة الدراسة لتكون مدينة مكة المكرمة حسب الحدود التي علمها سيدنا جبريل لسيدنا إبراهيم عليهم السلام، وذلك لما لها من انعكاسات ايجابية بمياه زمزم، و أهمية على مستوى العالم الإسلامي ولما توليه حكومة خادم الحرمين الشريفين من اهتمام بالغ بالأراضي المقدسة حيث قامت بتجديد أعلام وحدود الحرم لمدينة مكة المكرمة (الزهراني وآخرون، ٢٠٠٦). وكذلك المناطق التي تمتد حول مدينة مكة على هيئة حزام عرضة عشرون كيلومتر تقريبا للمقارنة ودراسة تأثير الأنشطة الحضرية على المياه الجوفية داخل مكة. وكذلك تم التركيز على منطقة الحسينية التي تعرضت لأكبر تخريب بيئي بتصريف مياه ومخلفات الدم فيها، وكذلك منطقة وادي النعمان التي تعتبر احد أهم المصادر المغذية للمياه الجوفية بمكة. وتم تقسيم مراحل البحث إلي ثلاثة مراحل امتدت من عام 2006م إلي عام 2008م. على النحو التالي:

المناطق التي تم دراسة آبارها

تم تقسيم مكة إلي 4 أجزاء على اعتبار أن الكعبة هي مركز مكة والشمال الجغرافي هو الأساس، ونسبت الآبار داخل حدود الحرم إلي هذه المناطق.

1 الآبار داخل مدينة مكة في المنطقة بين محور الشمال ومحور الشرق ويرمز لها ش ش

2 الآبار داخل مدينة مكة في المنطقة بين محور الشمال ومحور الغرب ويرمز لها ش غ

3 الآبار داخل مدينة مكة في المنطقة بين محور الجنوب ومحور الشرق ويرمز لها ج ش

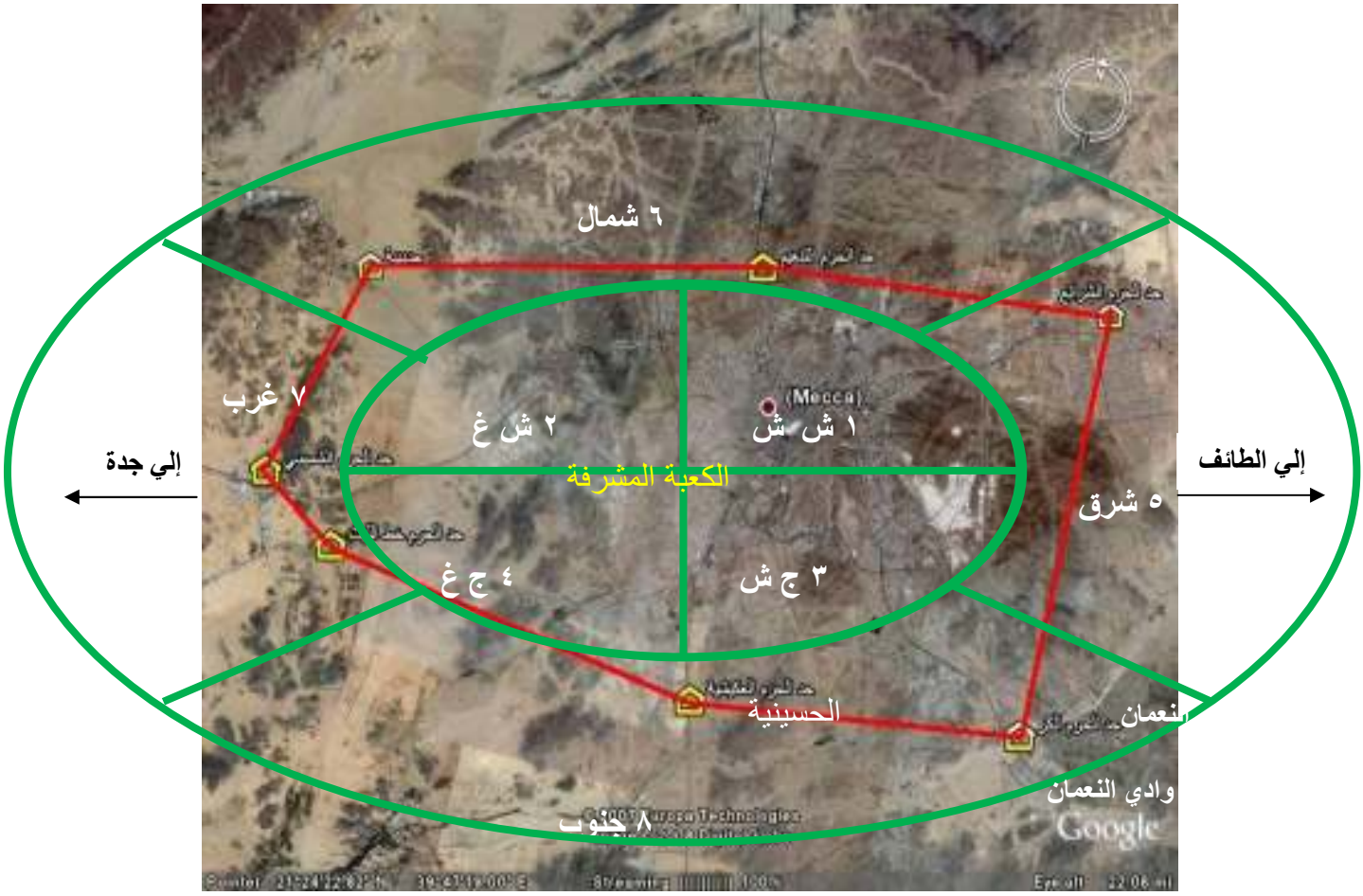
4 الآبار داخل مدينة مكة في المنطقة بين محور الجنوب ومحور الغرب ويرمز لها ج غ

أما بالنسبة للحزام المحيط بمدينة مكة فتم تقسيم الآبار في هذه المناطق إلي أربع جهات هي شرق (5)، شمال (6)، غرب (7) و جنوب (8) كما في الشكل رقم (1). ومنطقتي الحسينية وكذلك منطقة وادي النعمان.

- مراحل الدراسة

المرحلة الأولى: شملت جمع المعلومات الخاصة بالآبار بالقدر المتوفر في كل الجهات الحكومية ذات العلاقة، وجدولت الرحلات الميدانية وتجهيز الأدوات الخاصة بتحديد الإحداثيات و جمع العينات، ثم القيام بالرحلات الميدانية لحصر وتحديد إحداثيات الآبار التي تقع داخل مدينة مكة وارتفاعها عن سطح البحر، وكذلك الآبار التي تمتد حول مدينة مكة على هيئة حزام عرضة عشرون كيلومتر تقريبا، كما شملت المرحلة الأولى اخذ عينة المياه الأولى من جميع الآبار التي تم حصرها داخل وخارج مدينة مكة المكرمة لعام 2006م كعملية استطلاع مبدئي لكل الآبار المستخدمة في هذه المناطق لتقييم مؤشرات جودة المياه الأساسية حسب المواصفات السعودية. وعملت مقارنة للنتائج لمعرفة مدى تأثير الأنشطة البشرية على جودة المياه خارج وداخل المدينة. بالإضافة لحصر مصادر التلوث المحتملة للمياه الجوفية وتحديد إحداثياتها داخل مدينة مكة المكرمة.المرحلة الثانية: شملت اختيار ما يعادل 50% من الآبار التي تم حصرها في المرحلة الأولى و تقع داخل مكة و بطريقة عشوائية إحصائيا لإجراء الاختبارات الأساسية التي تمت في المرحلة الأولى على هذه الآبار ومقارنة النتائج للسنة الثانية على التوالي. ثم التوسع في إجراء اختبارات تقييم مؤشرات الجودة لهذه الآبار بحيث تتوزع على المرحلتين الثانية والثالثة لتقليل ضغوط إجراء التحاليل في وقت واحد، خصوصا أنة كان من الصعب على الباحث إجراء بعض الاختبارات في مختبر الصحة العامة المبتعث منة بوزارة الصحة لعدم توفر جميع تلك الإمكانيات فيه، لذلك كان لزاما أن نستعين ونتعاون مع جهات أخرى تتوفر بها تلك التجهيزات، مثل مختبر قسم الهندسة النووية بجامعة الملك عبد العزيز، مختبر حماية البيئة بالهيئة الملكية بينبع، مختبرات الجودة النوعية بجدة، مختبر الهيئة السعودية للمساحة الجيولوجية بجدة، و مختبر مستشفى الأمراض الصدرية بالطائف. وإنني اكرر شكري وامتناني وعرفاني للمسئولين والقائمين عليها لإتاحة الفرصة لي لإجراء التحاليل اللازمة لهذا البحث، ولولا تعاونهم المثمر لكان من الصعب إجراء تلك التحاليل. وشملت المرحلة الكشف عن العناصر الشحيحة والمشعة، الزيوت المعدنية، المشتقات البترولية، المبيدات و الكشف عن النشاط الإشعاعي. و إضافة لذلك تم اختيار مجموعة ممثلة للآبار التي تقع في منطقة وادي النعمان ومنطقة الحسينية في عام 2007م بطريقة عشوائية و إجراء الاختبارات السابقة الذكر للمرحلة الثانية، ومعرفة مدي التغير في مؤشرات الجودة.

المرحلة الثالثة: شملت اخذ عينة المياه الثالثة في نفس الفترة من عام 2008م من الآبار المختارة في المرحلة الثانية التي تقع داخل مدينة مكة فقط لإجراء الاختبارات الأساسية. وإكمال عملية التوسع في تقييم مؤشرات الجودة، وذلك بإجراء اختبار الكشف عن الميكوباكتيريا البيئية والمسببة الدرن.



الشكل1. صورة توضح تقسيم منطقة الدراسة داخل وخارج مكة المكرمة (صورة بجوجل ارث)

2-2 حصر و تحديد إحداثيات وارتفاع الآبار ومصادر التلوث

تم جمع المعلومات المتوفرة عن أماكن تواجد الآبار في كل من أمانة العاصمة المقدسة، الشؤون الصحية، مصلحة المياه والصرف الصحي في عملية الحصر. في البداية تم حصر تسعة وأربعون بئرا داخل حدود الحرم وتحديد إحداثياتها وارتفاعها عن سطح البحر كما هو موضح بالجداول رقم (4) (5) (6). ثم تم حصر تسعة وستون بئر خارج حدود الحرم حول مكة على هيئة حزام عرضة عشرون كيلومتر تقريبا كما هو موضح بالجداول رقم (7) (8) (9) باستخدام نظام Global Positioning System (GPS)، حيث استخدم جهاز ماركة Garmin نوع الجيل Garmin International, Inc, V Plus رقم تسلسلي 93143198 صنع في بريطانيا، من معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج بجامعة أم القرى بمكة المكرمة كما تم تحديد إحداثيات مصادر التلوث.

2-3 جمع وحفظ العينات

2-3-1 جمع العينات

تم جمع العينات التالية: ثلاث عينات من الآبار داخل مدينة مكة خلال ثلاث سنوات متعاقبة هي 2006م، 2007م و2008م. وعينتين من آبار وادي النعمان ومنطقة الحسينية في خلال عامي 2006م و 2007م، وعينة من الآبار التي تمتد حول مدينة مكة على هيئة حزام عرضة عشرون كيلومتر تقريبا عام 2006م. وقد تم التقيد بما جاء في الجزء الأول من المواصفة السعودية رقم 407 / 1989 المطابقة أيضا للمواصفة الخليجية رقم 1989/111 التي تختص بطرق جمع عينات مياه الشرب والمياه المعدنية المعبأة وغير المعبأة. من حيث مراعاة المتطلبات المذكورة عند جمع عينات مياه الشرب والمياه المعدنية والتي تشمل اخذ الاحتياطات اللازمة لحماية أوعية جمع العينات و العينات ومصادرها من أي تلوث. واستخدام قوارير زجاج سعة لتر معقمة مجهزة بسدادة زجاجية مصنفرة للعينات المستخدمة في الاختبارات الميكروبيولوجيه (تم استخدام جهاز تعقيم من نوع Strimat رقم تسلسلي 51042 صنع دولة التشيك لتعقيم القوارير الزجاجية)، و كذلك للعينات المستخدمة في الكشف عن المبيدات والزيوت المعدنية والمشتقات البترولية. أما بالنسبة للاختبارات الكيميائية فتم استخدام عبوات بلاستيكية سعة لتر، مع فحص العينات لتقدير كمية الكلور ميدانيا واستخدم القوارير التي تحتوي على 0.1 مل من محلول ثيوكبريتات الصوديوم تركيز 1.18 %، إذا كانت المياه تحتوي على آثار من الكلور أو الكلورامين وذلك لمعادلة الكلور.

جدول 5. إحداثيات الآبار داخل مكة المكرمة الجزء الجنوبي الغربي

الرمز	اسم الحي	الإحداثيات	الارتفاع (م)
1م ج غ*	المسفلة	N21°24.709’E039°49.415’	337
2م ج غ	المسفلة	N21°24.876’E039°49.350’	303
3م ج غ	المسفلة	N21°24.958’E039°49.360’	306
5م ج غ	المسفلة	N21°24.988’E039°49.374’	304
6م ج غ	المسفلة	N21°24.985’E039°49.378’	303
1ك ج غ	الكعكية	N21°23.344’ E039°48.538’	260
2ك ج غ	الكعكية	N21°22.786’ E039°48.330’	250
1س ج غ	السبهاني	N21°22.820’ E039°45.984’	240
2س ج غ	السبهاني	N21°21.738’ E039°47.080’	230
3س ج غ	السبهاني	N21°21.741’ E039°47.120’	230
4س ج غ	السبهاني	N21°21.776’ E039°47.130’	230
5س ج غ	السبهاني	N21°21.050’ E039°46.320’	220
6س ج غ	السبهاني	N21°20.966’ E039°46.210’	220
7س ج غ	السبهاني	N21°20.801’ E039°45.980’	210
1ص ج غ	المنصور	N21°24.901’E039°48.570’	257
2ص ج غ	المنصور	N21°24.807’E039°48.510’	276
3ص ج غ	المنصور	N21°24.571’E039°48.589’	275
4ص ج غ	المنصور	N21°21.472’E039°49.331’	256
5ص ج غ	المنصور	N21°24.223’E039°48.609’	274
6ص ج غ	المنصور	N21°24.610’E039°48.385’	275

*1= دلالة تسلسل البئر في الحي م = يرمز للحرف الأول من اسم الحي ج غ = اختصار الجهة جنوب غرب

جدول 6. إحداثيات الآبار داخل مكة المكرمة الجزء الجنوبي الشرقي والشمالي الشرقي

الآبار داخل مكة المكرمة الجزء الجنوبي الشرقي			
الرمز	اسم الحي	الإحداثيات	الارتفاع (م)
1ب ج ش*	بطحاء قريش	N21°21.175’E039°49.391’	280
2ب ج ش	بطحاء قريش	N21°21.361’E039°49.495’	270
1ع ج ش	العابدية	N21°21.319’ E039°58.325’	196
2ع ج ش	العابدية	N21°19.306’ E039°58.395’	301
3ع ج ش	العابدية	N21°27.345’ E039°59.749’	285
الآبار داخل مكة المكرمة الجزء الشمالي الشرقي			
الرمز	اسم الحي	الإحداثيات	الارتفاع (م)
1غ ش ش	الغزة	N21°25.663’E039°49.738’	256
1ش ش ش	شارع الحج	N21°27.835’E039°50.399’	316
4ش ش ش	شارع الحج	N21°27.367’E039°50.564’	296
5ش ش ش	شارع الحج	N21°28.966’E039°51.674’	330

*1= دلالة تسلسل البئر في الحي ب = يرمز للحرف الأول من اسم الحي ج ش = اختصار الجهة جنوب شرق

جدول 7. إحداثيات الآبار داخل مكة المكرمة الجزء الشمالي الغربي

الرمز	اسم الحي	الإحداثيات	الارتفاع (م)
1ز ش غ*	الزاهر	N21°26.508’E039°47.681’	261
3ز ش غ	الزاهر	N21°26.491’E039°47.689’	270
4ز ش غ	الزاهر	N21°26.397’E039°48.206’	261
5ز ش غ	الزاهر	N21°26.507’E039°47.390’	253
6ز ش غ	الزاهر	N21°26.457’E039°47.381’	299
7ز ش غ	الزاهر	N21°26.464’E039°47.359’	270
8ا ش غ	أم الجود	N21°25.525’E039°44.334’	210
2ا ش غ	أم الجود	N21°25.527’E039°44.240’	205
3ا ش غ	أم الجود	N21°25.739’E039°43.958’	230
4ا ش غ	أم الجود	N21°25.733’E039°43.954’	215
5ا ش غ	أم الجود	N21°25.769’E039°43.839’	210
6ا ش غ	أم الجود	N21°25.449’E039°43.060’	214
7ا ش غ	أم الجود	N21°25.437’E039°43.185’	230
8ا ش غ	أم الجود	N21°24.962’E039°41.869’	210
9ا ش غ	أم الجود	N21°25.028’E039°41.909’	195
10ا ش غ	أم الجود	N21°25.010’E039°41.899’	201
11ا ش غ	أم الجود	N21°25.069’E039°41.915’	208
12ا ش غ	أم الجود	N21°25.072’E039°41.865’	206
1ف ش غ	الفيحاء	N21°27.264’E039°45.655’	250
1ن ش غ	النزهة	N21°20.057’E039°52.854’	263

*1= دلالة تسلسل البئر في الحي ز = يرمز لاسم الحي ش غ = اختصار الجهة شمال غرب

جدول 8. إحداثيات آبار الحزام خارج مكة المكرمة الجزء الشرقي (5)

الرمز	اسم المنطقة	الإحداثيات	الارتفاع (م)
3ش*	النعمان	N21°19.194’ E039°59.687’	302
4ش	النعمان	N21°19.243’ E040°00.157’	324
5ش	النعمان	N21°19.264’ E040.00°.233’	320
6ش	النعمان	N21°19.288’ E040°00.277’	340
8ش	النعمان	N21°19.319’ E040°00.389’	351
9ش	النعمان	N21°19.358’ E040°00.500’	362
10ش	النعمان	N21°21.049’ E040°06.439’	400
11ش	النعمان	N21°21.563’ E040°10.603’	552
13ش	النعمان	N21°21.228’ E040°11.829’	542
14ش	النعمان	N21°21.889’ E040°10.000’	501
15ش	النعمان	N21°21.883’ E040°09.950’	333
16ش	النعمان	N21°22.084’ E040°09.080’	527
17ش	النعمان	N21°22.096’ E040°09.000’	501
20ش	النعمان	N21°21.613’ E040°07.120’	488
21ش	النعمان	N21°21.851’ E040°07.355’	401
23ش	النعمان	N21°21.947’ E040°07.566’	388
24ش	النعمان	N21°21.992’ E040°07.901’	537
26ش	النعمان	N21°19.738’ E040°01.926’	530
30ش	شرائع النخل	N21°27.414’ E039°59.610’	390
32ش	شرائع النخل	N21°30.581’ E040°02.446’	461
33ش	شرائع النخل	N21°30.674’ E040°02.449’	450
34ش	شرائع النخل	N21°30.708’ E040°02.461’	451
36ش	شرائع النخل	N21°31.192’ E040°06.462’	412
37ش	سبوحة	N21°34.679’ E040°08.379’	618
40ش	المضيق	N21°38.030’ E040°15.200’	787
41ش	شرائع النخل	N21°38.066’ E040°15.989’	756
42ش	سولة	N21°37.638’ E040°05.455’	550
43ش	سولة	N21°37.562’ E040°05.596’	556
44ش	سولة	N21°37.458’ E040°05.676’	557
45ش	سولة	N21°37.460’ E040°05.694’	530
46ش	السنوسية	N21°38.672’ E040°05.764’	555
47ش	بني عمير	N21°38.518’ E040°05.101’	531
48ش	بني عمير	N21°38.535’ E040°04.837’	517

*1= دلالة تسلسل البئر ش = اختصار الجهة شرق

جدول 9. إحداثيات آبار الحزام خارج مكة المكرمة الجزء الشمالي (6)

الرمز	اسم المنطقة	الإحداثيات	الارتفاع (م)
29شم*	بني عمير	N21°39.269’ E040°03.964’	505
30شم	بني عمير	N21°39.283’ E040°03.515’	504
31 شم	بني عمير	N21°39.073’ E040°02.515’	480
32 شم	بني عمير	N21°39.135’ E040°02.153’	482
33 شم	السنوسية	N21°33.914’ E039°54.849’	420
34 شم	السنوسية	N21°34.063’ E039°55.362’	430
35 شم	السنوسية	N21°34.142’ E039°56.127’	452
36 شم	السنوسية	N21°32.980’ E039°53.450’	410
37 شم	السنوسية	N21°33.469’ E039°53.243’	390
38 شم	السنوسية	N21°33.520’ E039°53.224’	391
39 شم	العمرة	N21°28.648’E039°48.100’	290
40 شم	العمرة	N21°30.153’E039°47.435’	270
41 شم	العمرة	N21°30.162’E039°47.393’	268
42 شم	العمرة	N21°30.572’E039°47.160’	255
43 شم	العمرة	N21°31.772’E039°47.299’	268
44 شم	العمرة	N21°31.780’E039°47.314’	257
45 شم	العمرة	N21°31.789’E039°47.266’	250
70 شم	النورية	N21°33.108’E039°47.790’	278
71 شم	النورية	N21°32.865’E039°49.121’	310
72 شم	النورية	N21°33.166’E039°49.381’	318
73 شم	النورية	N21°33.185’E039°49.441’	319
74 شم	النورية	N21°33.305’E039°48.811’	308
75 شم	النورية	N21°33.755’E039°49.650’	311
81 شم	النورية	N21°34.055’E039°48.859’	292

*1= دلالة تسلسل البئر شم = اختصار الجهه شمال

جدول 10. إحداثيات آبار الحزام خارج مكة المكرمة الجزء الغربي (7) الجنوبي (8)

إحداثيات آبار الحزام خارج مكة المكرمة الجزء الغربي (7)			
الرمز	اسم المنطقة	الإحداثيات	الارتفاع (م)
16غ*	الشميسي	N21°25.964’E039°37.877’	155
17غ	الشميسي	N21°25.992’E039°37.842’	145
18غ	الشميسي	N21°26.313’E039°37.943’	152
20غ	الشميسي	N21°26.264’E039°37.693’	142
21غ	الشميسي	N21°26.935’E039°35.039’	127
22غ	الشميسي	N21°26.935’E039°35.041’	126
إحداثيات آبار الحزام خارج مكة المكرمة الجزء الجنوبي (8)			
1ج	الحسينية	N21°23.273’E039°53.474’	225
2ج	الحسينية	N21°18.645’E039°51.075’	235
3ج	الحسينية	N21°18.699’E039°51.154’	230
4ج	الحسينية	N21°19.484’E039°52.866’	250
5ج	الحسينية	N21°19.344’E039°53.030’	300
6ج	طريق الليث	N21°10.544’E039°36.340’	108

*1= دلالة تسلسل البئر غ = اختصار الجهة غرب

وقد تم البدء أولاً بجمع العينات الخاصة بالفحص الميكروبي، لتجنب خطر تلوث نقطة جمع العينات.

2-3-2 حفظ العينات

بعد جمع العينات تمت عملية نقلها في حافظة بها ثلج إلى مختبر الصحة العامة بالشؤون الصحية بالعاصمة المقدسة دون تأخير. وتم فرز العينات و إعدادها قبل نقلها واختبارها في أقسام المياه بمختبر الصحة العامة والمختبرات الأخرى مثل مختبر حماية البيئة بينبع، مختبرات الجودة النوعية بجدة، مختبر الهيئة السعودية للمساحة الجيولوجية بجدة مختبر مستشفى الأمراض الصدرية بالطائف. وتم إعداد وإجراء الاختبارات الميكروبيولوجيه الروتينية والفيزيائية خلال ساعة من جمعها وفي حالة تعذر ذلك تم حفظ العينات عند درجة حرارة الثلاجة 4 مº وفحصها خلال24 ساعة (المواصفة السعودية رقم 590 / 1990م). أما بالنسبة للاختبارات الأخرى فقد تم عمل الآتي:

بالنسبة للاختبارات الميكروبيولوجيه فيما عدا الدرن فقد تم ترشيح 100مل من العينة باستخدام نظام الترشيح من شركة Mili Pore صنع النمسا و رقم تسلسلي 090300001196 تحت ظروف معقمة (استخدم ورق فلتر معقم ذو ثقوب 0.45µ) و تم وضع ورقة الفلتر في أنبوبة سعة 30مل بغطاء (ماكرتي)، معقمة بها بيئة إثراء حسب نوع الميكروب تحت الاختبار. و تخضع الأنبوبة للاختبارات الميكروبية المختلفة من حيث التحضين و الزرع على البيئة المخصصة لكل ميكروب (Golas *et al* .,2002)

بالنسبة للكشف عن بكتيريا الميكوباكتيريا فقد تم تركيز العينة بالطريقة السابقة باستخدام 125مل من العينة، ثم تم وضع ورقة الترشيح في أنبوبة ماكرتي المعقمة والتي تحتوي على 5 مل من العينة الأصلية وتم نقلها مبرده إلي مختبر مستشفى الطائف حيث اجري لها الخطوات مثل التركيز وإزالة التلوث وعمل شريحة ثم الحقن في جهاز (MGIT 960) التي استخدمها (Iivanainen *et al* .,1993)، ولمدة أربع أسابيع كحد أقصى حسب دليل عمل الجهاز (Siddiqi and Gerdes., 2006).

2-4 بيئات الاستنبات و الكواشف

تم استخدام البيئات المتوفرة بمختبرات الشؤون الصحية بالعاصمة المقدسة والطائف وهي من إنتاج شركة Oxoid (The Oxoid,1982) و شركة Gibco Brl (The Gibco Brl, 1991)، وتم اختيار نوع البيئة المناسبة لكل اختبار على النحو التالي:

2-4-1 بيئة الببتون المركز Concentrated peptone

تـم اسـتخدامها كبيئـة لإثـراء الكـوليرا حيـث تحـض لمـدة 5 سـاعة ثـم تنقـل إلـي بيئـة عـزل الكوليرا(Benson,1994).

التركيب	(جرام/لتر)
بيبتون	10
كلوريد الصوديوم	10

2-4-2 بيئة تي سي بي اس Thiosulphate Citrate Bile Salts (TCBS)

تستخدم كبيئة انتقائية لعزل ميكروب الضمات سواء الأنواع التي تسبب الكوليرا أو تلك التي تسبب التسمم الغذائي. وتظهر المستعمرات صفراء اللون(Collee *et al*.,1996).

التركيب	(جرام/لتر)
بيبتون	10
مستخلص الخميرة	5
سترات الصوديوم	10
صوديوم ثيوسلفيت	10
املاح صفرا	5
صوديوم شيوليت	3
سكروز	20
كلوريد الصوديوم	10
سترات الحديديك	1
ازرق بروثايمول	0.04
ازرق الثايمول	0.04
اجار	15

2-4-3 بيئة الآجار المغذي Nutrient Agar

تستخدم لتنمية الميكروبات عليها لحفظ السلالات بعد عزلها، وبذلك تعتبر بيئة غير انتقائية (Heritage *et al*., 1999).

التركيب	(جرام/لتر)
بيبتون	5
مستخلص اللحم	5
مستخلص الخميرة	1
أجار	12

2-4-4 مرقة المكونكي MacConkey Broth

تم استخدامها في اختبار العدد الأكثر احتمالا لتنمية البكتيريا المخمرة للاكتوز في عينات المياه، وهي مثبط خفيف لبعض أنواع البكتيريا الموجبة الجرام. ويتم الكشف عن النمو بتغير لون البيئة من البنفسجي إلى الأصفر بعد التحضين لمدة 24-48 ساعة عند 37°م (Lim, 1998).

التركيب	(جرام/لتر)
بيبتون	20
لاكتوز	10
املاح صفراء	5
كلوريد الصوديوم	5
بروموكريزل البنفسجي	0.07

2-4-5 بيئة الأخضر اللامع Brilliant Green

تستخدم للتأكد من نمو البكتيريا المخمرة للاكتوز في عينات المياه باختبار العدد الأكثر احتمالا، ويتم الكشف عن النمو بتغير لون البيئة وبتكون غاز في أنابيب درهام بعد التحضين لمدة 24ساعة عند 40°م

التركيب	(جرام/لتر)
بيبتون	10
لاكتوز	10
املاح صفراء	20
أخضر لميع	0.0133

2-4-6 مرقه السيلينايت المركزه Concentrated Selenite Broth

تستخدم كبيئة إنمائية انتقائية Selective enrichment لعزل جرثومة السالمونيلا من عينات المياه، حيث تحضن لمدة 24 ساعة عند 37°م ثم تزرع على بيئة XLD (Lim, 1998).

التركيب	(جرام/لتر)
بيبتون	5
لاكتوز	4
فوسفات ثنائي الصوديوم المائي	10

تسخن هذه البيئة حتى درجة الغليان (زيادة التسخين تؤدي إلى فقد الخصائص الانتقائية). لون المرق المحضر يكون كهرماني (اصفر مائل للاحمرار) تحوله إلى الأحمر الطوبي دلالة على زيادة التسخين وتستخدم البيئة خلال أربع وعشرين ساعة من التحضير(Prescott *et al*., 1990).

2-4-7 بيئة اكس ال دي Xylose Lysin Deoxycholate

تستخدم بيئة XLD كبيئة انتقائية Selective تباينيه (تفريقية) Differential لعزل البكتيريا المعوية الممرضة، وتعتبر من أفضل البيئات من حيث عزل وتفرقة جراثيم السالمونيلا و الشيجيلا عن بقية البكتيريا المعوية الغير ممرضة (Lim, 1998).

التركيب	(جرام/لتر)
مستخلص الخميرة	5
ال- ليسين هيدروكلورايد	5
زيلوز	3.5
لاكتوز	7.5
سكروز	7.5
كلوريد الصوديوم	5
فوق كبريتات الصوديوم	4
سترات الحديديك النشادرية	0.8
كاشف فينول احمر	0.08
أملاح الصفراء	2.5
الاجار	13.5

2-4-8 بيئة لوستن جنسن Lowenstein Jensen (LJ)

استخدمت لتنمية ميكروبات Mycobacterium . وهي بيئة تحتوي على Coagulated egg، و على Asparagines كمصدر للنيتروجين في المرحلة الأولى بعد ذلك يحصل الميكروب على مصدر النتروجين من تكسير البروتين الموجود في البيض. وقد يضاف في بعض التعديلات بعض أنواع الأحماض النووية والمضادات الحيوية مثل Penicillin nalidixic acid, Ribonucleic acid الذي يثبط البكتيريا السالبة الجرام، وإضافة تركيزات منخفضة من كلوريد الصوديوم 2% تساعد على إزالة التلوث البكتيري(Cheesbrough, 1984).

التركيب	(جرام/لتر)
ال- اسبارجين	3.6
بوتاسيوم ثنائي الفوسفات	2.4
كبريتات الماغنسيوم	0.24
سترات الماغنسيوم	0.6
دقيق البطاطس	30
مالاكايت الأخضر	0.4

2-4-9 بيئة الفطريات والخمائر Yeast & Mold

تستخدم للعد الكلي للخمائر والفطريات، مع اضافة حمض الستريك بعد التعقيم لجعل الوسط البيئى حامضي (Heritage *et al*., 1999).

التركيب	(جرام/لتر)
مستخلص الخميرة	1
نترات امونيوم	1
كبريتات امونيوم	1
كلوريد الصوديوم	10
دكستروز	10
فوسفات أحادي البوتاسيوم	2
فوسفات ثنائي البوتاسيوم	4
أجار	20

2-4-10 الكواشف و الصبغات Reagents & Stains

كاشف الاندول Indol Indicator

له اسم آخر هو Ehrlich indicator أو الكوفاكس و يتم تحضيره بإذابة 5 جرام من بار ثنائي ميثايل أمينو بنزالدهايد في 75 مل من الكحول الامايل، ثم إضافة 25مل من حامض الهيدروكلوريك المركز. يستخدم بإضافة 0.2-0.3 مل منه للأنبوبة المحتوية على بيئة الاندول، وترج الأنبوبة ثم تترك لمدة عشرة دقائق وتكون النتيجة ايجابية لبكتيريا *E.coli* إذا تكونت حلقة حمراء حسب دليل المختبرات الطبية للدول الاستوائية (Cheesbrough, 1984).

الصبغات Stains

تم استخدام نوعين من الصبغات الأولى صبغة جرام والثانية صبغة المقاومة للحموضة مع العصويات المقاومة للحموضة مثل عصويات الميكوباكتيريم (AFB) (Cheesbrough, 1984).

كيت API 20E

حسب طريقة الشركة الفرنسية المصنعة Bio Merieux والتي تتمثل في إعداد معلق بكتيري، وذلك بأخذ مستعمرة واحدة وحقنها في أنبوبه تحتوي على ٥ مل محلول ملحي Saline وترج وذلك لجعل المعلق متجانس، بعد ذلك تحقن الأنابيب في شريط API 20 كل أنبوبة على حدة وحسب الظروف المطلوبة ففي حالة الظروف الهوائية نحقن إلى نصف الأنبوبة وفي حالة الظروف اللاهوائية اختياراً يتم تعبئة الأنبوبة بالكامل أما في الظروف اللاهوائية اجبارا فنضع قطرة من زيت معدني. ويوضع الشريط في الحضانة عند 37°م لمدة 24 ساعة، بعد ذلك نقرأ النتيجة من خلال ترجمة الألوان إلى أرقام بالاستعانة بكتاب API الذي يعطينا اسم الميكروب. وهذا الاختبار التأكيدي للكشف عن جميع أنواع البكتيريا المعوية Enterobacteria بما فيها السالمونيلا و الكوليرا. و يتكون الشريط من عشرين أنبوبة، الأنابيب التي على يمين الشريط هي عبارة عن سكريات وعددها 9 والباقية عبارة عن تفاعل مثل ONPG اختصار(Glactoside Ortho–Nitrophenyl) في حالة أن الميكروب يفرز إنزيم (β-galactosidase). أيضا تفاعل السترات وهو لمعرفة قدرة الميكروب على استغلال السترات كمصدر للكربون أو انه لا يستطيع

ذلك، مثال آخر هو تفاعل كبريتيد الهيدروجين H_2S وهو يدل على تفاعل بعض الأحماض الامينيه المحتوية على عنصر مثل السيستين مع خلات الرصاص فتعطيH_2S ذو الرائحة العفنة. وهناك أيضا اختبار الاندول وتكونه يدل على قدرة الميكروب على تكسير الحمض الاميني التربتوفان ويمتلك إنزيم التربتوفانيزTryptophanase (Csuros and Csuros, 1999).

2-5الكشف عن الميكروبات في المياه

2-5-1اختبار العدد الأكثر احتمال Most Probable Number (MPN)

يجرى الاختبار لفحص عينات المياه لوجود الميكروبات الكشفية من مجموعة القولون بتلقيح 10مل من العينة في أنابيب اختبار محتوية على بيئة المكونكي الموجود بداخلها أنابيب درهام. و يتم استخدام طريقة الخمسة أنابيب بمختبر الصحة العامة حسب الإرشادات المتبعة في المواصفة السعودية رقم (1119/ 1995) طرق اختبار مياه الشرب والمياه المعدنية الجزء ١٣ الخاص بالاختبارات الميكروبيولوجيه. وتحض لمدة 24 ساعة عند 37°م فإذ تكون حامض وتغير لون المؤشر إلي الأصفر و تكون غاز داخل أنابيب درهام تعتبر النتيجة موجبة، أما الأنابيب التي لم تتغير فتحضن لمدة 24 ساعة أخرى، فإذ تغير لون البيئة و ظهر غاز تعتبر النتيجة موجبة وتجرى الاختبارات التأكيدية و إلا تعتبر سالبة،(تم استخدام كبائن سلامة من الدرجة الأولي من شركة سانيو صنع اليابان برقم تسلسلي30808683، وثلاث حاضنات من نوع Heraeus صنع المانيا ذات أرقام تسلسلية 98103693/ 40339942 /40270961). والاختبارات التأكيدية تشمل الزراعة على بيئة الايوسين مثلين الازرق Eosin Methylenen blue ثم نجري الاختبارات التكميلية مثل Eijkam test باستخدام بيئة Brilliant Green، واختبار الاندول لتأكيد ايجابية *E.coli* (Cheesbrough, 1984).

2-5-2بكتيريا الكوليفورم و إيشريشيا كولاي *E.coli* & Coliform

بطريقة الفلترة بواسطة جهاز ميلي بور لإجراء اختبار الكشف عن الكوليفورم و إيشريشيا كولاي حسب الطريقة المذكورة في الفقرة 2-3- 2. ثم وضعها في طبق بترى مع إضافة البيئة المناسبة لكل واحدة وذلك حسب الطريقة المستخدمة في الطرق القياسية لاختبار المياه ومياه الصرف الصحي. من الجمعية الأمريكية للصحة العامة American Public Health Association (APHA,1998).

3-5-2 بكتيريا السالمونيلا *Salmonella*

تم الكشف عن السالمونيلا باستخدام مرق السيلينايت المركزة لإكثارها (يوزن 190 جرام من البودرة ويضاف اليها 40 جرام من صوديوم بايسلينيت وتذاب في لتر من الماء المقطرو نصب 20 مل من المحلول في قوارير بعد التأكد من تمام عملية الإذابة، تقفل الأنابيب ثم توضع في جهاز الاتوكلاف للتعقيم بالبخار لمدة 10 دقائق) حيث تحضن أولا عند 37°م لمدة 24 ساعة، بعد ذلك تزرع على أطباق تحتوي على بيئة XLD ، و تحضن عند 37م° ولمدة 24 ساعة وتفحص الأطباق، وفي حالة النتيجة الموجبة يتم التعرف على نوع الميكروب بواسطة اختبار API 20E (Cheesbrough, 1984).

4-5-2 بكتيريا ضمات الكوليرا *Vibrio cholerae*

تم الكشف عن الكوليرا وذلك من خلال استخدام 20 مل من العينة مع 180 مل من البيبتون المركز (يوزن 100 جرام من البودرة ويضاف اليها 100 جرام من ملح كلوريد الصوديوم وتذاب في لتر من الماء المقطر). ويحضن لمدة 4-6 ساعات، ثم تزرع على بيئة TCBS. وتقرا النتيجة بعد التحضين عند 37م° لمدة 24ساعة. وتم أيضا استخدام طريقة الترشيح حيث تم ترشيح 100مل من العينة حسب طريقة الفلترة الموضحة في ٢-٣-٢، ووضع ورقة الترشيح في أنبوبة تحتوي على 20مل من البيبتون المركز وخضها بواسطة الخضاض Vortex ثم تحضن الأنابيب لمدة أربع ساعات، ثم تزرع من الأنابيب على بيئة TCBS. وتحضن لمدة 24ساعة عند 37°م ثم تقرأ النتائج. وفي حالة النتيجة الموجبة يتم التعرف على نوع الميكروب بواسطة اختبار Api 20E (Cheesbrough, 1984).

5-5-2 بكتيريا الميكوباكتريم *Mycobacterium*

تتلخص عملية التشخيص في عمل شريحة واستخدام صبغة الزيل نيلسون. وللتنمية تستخدم بيئات Lowenstein-Jensen و Middlebrook حسب الطريقة الموصوفة في دليل المختبرات الطبية للدول الاستوائية (Cheesbrough, 1984). وتتم زراعة الميكروب باستخدام جهاز Mycobacteria Growth Indicator Tube صنع شركة Becton and Dickinson Company موديل (MGIT960) ورقم تسلسلي (MQ0579) أمريكا. الذي تحضن به أنابيب تحتوى على ٧مل من بيئة سائلة من Middlebrook 7H9 broth base المعقمة، و بها مواد مغذيه عبارة عن Oleic acid, Albumin, Dextrose and Catalase ، بالإضافة إلي oxygen-quenched fluorochrome, tris4,7-diphenyl-1, 10-phenonthroline

ruthenium chloride pentahydrate. واثناء النمو البكتيري يتم استهلاك الأكسجين ويحل محلة ثاني أكسيد الكربون، ويؤدي غياب الأكسجين إلى عدم تثبيط fluorochrome الذي يشع في أنبوبة (MGIT) عند تعرضه للأشعة الفوق بنفسجية. وتوجد علاقة عكسية بين شدة الإشعاع واستهلاك الأكسجين. وتحضن الأنابيب عند درجة حرارة 37 م°، و تقرأ آليا كل 60 دقيقة. وتعتبر النتيجة ايجابية بظهور اللون البرتقالي المشع، ويعني أن أعداد البكتيريا (CFU) وصلت إلي 10^6 -10^5 لكل مل من البيئة، وتعتبر العينة سالبة إذا لم يوجد نمو خلال ستة أسابيع. وتم إتباع الطريقة الموصوفة في الدليل العملي للجهاز من إزالة التلوث ثم تركيز العينة ثم عمل شريحة وحقن الأنابيب و وضعها في الجهاز(Siddiqi and Gerdes., 2006). وقد تم تأكيد النتائج لميكروب الدرن باختبار Polymerase Chain Reaction (PCR). باستخدام نظام BD Probe Tec ET صنع في أمريكا رقم تسلسلي 238 PT رقم 440478. وهي تقنية حيوية لاستنساخ قطعة محددة من الحمض النووي و مضاعفة إنتاجها لكي يتسنى إجراء الاختبارات عليها من خلال استخدام كيت Mycobacterium tuberculosis complex (CTB) Cuture Identification Reagent Pack. ويقوم الجهاز بالتحكم بدرجات حرارة التفاعل بشكل دقيق و متتالي (Thermocycle) ويقوم بتغير درجة الحرارة بشكل سريع. ويشمل الكيت البليمريز وهو مقاوم للحرارة العالية ليتمكن من العمل الذي يقوم به وهو بناء وترتيب القواعد النيتروجينية و اسمه تاج Tag. و يشمل الكيت أيضا مجموعة متفرقة من القواعد النيتروجينية (A T C G) تستخدم ليتمكن الإنزيم من ترتيبها في مواقعها أثناء عملية نسخ الحمض النووي. و أخير يحتوي الكيت بريمر Primer وهو قطعة صغيرة من الحمض النووي ليتمكن الإنزيم من بدء البناء و النسخ عليها، و وجود نسخة من الحمض النووي المراد نسخه.

6-5-2 الفطريات والخمائر Yeasts and Molds

تم استخدام جهاز الترشيح من شركة Mili Pore لإجراء اختبار الكشف عن الفطريات والخمائر حسب الطريقة المذكورة في الفقرة 2-3-2. ثم وضعها في طبق بتري مع إضافة بيئة الفطريات والخمائر (APHA,1998).

6-2 طرق اختبار الخصائص الفيزيائية والفيزيوكيميائية

2-6-1تقدير الرائحة والطعم

الرائحة والطعم من صفات الجودة للنكهة لذا من الصعب تقديرها آليا و لا تزال تعتمد على الطرق الشخصية مثل لجان التذوق(الاشوح، 2001). وتتم عملية التذوق بوضع كمية من العينة في الفم و

الاحتفاظ بها لعدة ثواني ثم يفرغ الفم، ويتم إعداد الحكم الأولي، ثم تعاد الكره بعد غسل الفم بماء خالي من الطعم والرائحة (المواصفة السعودية رقم1989/408).

2-6-2تقدير اللون

لتقدير اللون يتم استخدام أنابيب نسلر حسب الطريقة المذكورة في المواصفة السعودية رقم1989/408، حيث تملا أنبوبة نسلر حتى العلامة بماء العينة المراد فحصها ويقارن لون العينة بألوان المحاليل القياسية وذلك بالنظر عموديا من أعلى خلال الأنابيب نحو سطح ابيض أملس. وتسجل قيمة اللون لأقرب محلول قياسي مماثل لأقرب 5 مجم بلاتين/لتر، حيث تقرب النتائج لأربعة درجات هي1وحدة، 5 وحدات، 10 وحدات وكلها تعتبر النتيجة بدون لون أما إذا بلغت الدرجة الرابعة وهي 20وحدة فتعتبر غير صالحة، و يكتفي مسئولي الجودة بمختبر الصحة العامة بالعاصمة المقدسة بنتيجة يوجد أو لا يوجد (المواصفة السعودية رقم1989/408).

2-6-3تقدير العكاره

تم استخدام جهاز Turbidimeter موديل 2100 AN صنع في كلورادو- أمريكا HACH رقم تسلسل 940200000112 لتقدير العكاره (APHA,1998).

2-6-4تقدير الأملاح الكلية الذائبة

تم استخدام جهاز TDS meter من شركة Hach صنع في كلورادو- أمريكا موديل CO150 رقم تسلسل 96110002994 لتقدير الأملاح الكلية (APHA,1998).

2-6-5 تقدير درجة الأس الهيدروجيني

تم استخدام جهاز pH meter من إنتاج شركة Hanna صنع ايطاليا موديلHI98230 رقم تسلسل 961100023485 لتقدير درجة الأس الهيدروجيني (APHA,1998).

2-6-6 تقدير درجة التوصيل الكهربائية

تم استخدام جهاز Conductivity meter من إنتاج شركة Hach صنع في كلورادو- أمريكا موديل CO150 رقم تسلسل 96110002994 لتقدير درجة التوصيل الكهربائية (APHA,1998).

2-7 طرق اختبار الخصائص الكيميائية

2-7-1 تقدير الكلور

تم الكشف عن الكلور المتبقي ميدانيا بجهاز الكلورمتر اليدوي الذي يعتمد على مقدار التغير في اللون للأنبوبة المحتوية على عينة المياه بعد إضافة كاشف Diethy Phenylene Diamine (APHA,1998).

2-7-2تقدير الخصائص الكيميائية الأساسية لمياه الشرب

تم استخدام ثلاثة أجهزة للكشف عن الايونات و الكاتيونات اثنان بمختبر الصحة العامة هما جهاز DR-4000 من شركة Hach كلورادو- أمريكا، و جهاز الامتصاص الذري Atomic Spectrophotometer (AAS) Absorption من شركة فارين موديل Varian SpectrAA 110 المرفق معه حاسب صنع أمريكا. أما الجهاز الثالث فهو ايون كروماتوجرافيا Metrohm Ion Chromatograph صنع أمريكا (APHA,1998).

2-7-3تقدير العناصر الشحيحة والمشعة

تم استخدام جهاز Ductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrophotometer ICP-DRCII من شركة Berken elmir صنع أمريكا، رقم تسلسل ٣١٠٢ لتقدير العناصر الشحيحة والمشعة في المياه (APHA,1998).

2-7-4 تقدير الزيوت المعدنية

تم إتباع طريقة سوكسلت Soxhelt المستخدمة في المواصفة السعودية رقم 1994/499م. و تعتمد على أساس أن الزيت المعدني الذائب يحلل مائياً عن طريق تحميض العينة ثم تفصل أية زيوت أو مواد صلبة أو شحوم لزجة موجودة في العينة السائلة بالترشيح بعد استخلاصها بجهاز سوكسلت، و يوزن المتبقي بعد تبخير المذيب ويقدر كمحتوى الزيت والشحم. وتستخدم التجهيزات التالية : جهاز سوكسلت للاستخلاص، مضخة تفريغ، قمع بوخنر قطره 12سم، سخان كهربائي مغطى، وعاء استخلاص، ورق ترشيح Whatmann 40 قطره 11سم، قرص نسيج قطني رقيق قطره 11سم، فرن يمكن ضبط درجة حرارته عند 103°م، جهاز تجفيف يحتوي على مادة تجفيف نشطة Anhydrous Ca Cl_2، حمام مائي يمكن ضبط درجة حرارته عند 70°م (المواصفة السعودية رقم499 /1989).

5-7-2 تقدير الهيدروكربونات البترولية

تم استخدام جهاز كروماتوجرافيا الغاز المطور(Gas Chromatography/Mass (GC-MS من شركة Varian Saturn فارين صنع أمريكا موديل رقم 2100T لتقدير الهيدروكربونات البترولية (APHA,1998)، والظروف التشغيلية المذكورة أدناه:

Injector Temp. 200 ^{o}C Carrier Gas: Helium (99.99 %)

Carrier Gas Flow: 1.0 ml/min Transfer Line Temp.250 ^{o}C

Emission Curent: 20 micro amps Ionization mode: EI

Column: Factor Four Capillary Column VF-5ms 30 m x 0.25 mm ID df = 0.25 Varian

6-7-2 تقدير النشاط الإشعاعي

تم استخدام جهاز High Intrinsic Germanium Detectors من شركة Canberra صنع أمريكا لتقدير أشعة جاما بطريقة Gamma Spectroscopic Method، حيث توضع العينة في بيكر بلاستيك (Marinelli Beaker) و يتم تعبأ البيكر إلي نهايته، ويوضع داخل الجهاز لمدة 4 ساعات. والجهاز محاط ببلوك من الرصاص عرضة 30سم مع وجود طبقة داخلية من صفائح النحاس لمنع الأشعة و جزئيات بيتا الغير مرغوبة من الوصول إلي الكاشف (APHA,1998). حيث تم الكشف عن جسيمات جاما المنبعثة من الرصاص^{214}Pb و البثموس ^{214}Bi المتولد من الرادون ^{226}Ra الناتج عن اليورانيوم ^{238}U. ومن متسلسلة الثوريوم ^{232}Th تم الكشف عن الاكتيوم ^{228}Ac و البثموس ^{212}Bi و التلنيوم ^{208}Tl وكذلك تم الكشف عن البوتاسيوم ^{40}K.

7-7-2تقدير المبيدات

تم استخدام طريقة (APHA,1998) في استخلاص العينات. كما تم استخدام جهاز كروماتوجرافيا الغاز المطور GC/MS من شركة Agilent صنع أمريكا موديل رقم -6890N 5975 inert xl mass selective detector لتقدير المبيدات (APHA,1998). والظروف التشغيلية للكشف عن المبيدات المذكورة أدناه:

Injector Temp. 325 ^{o}C Carrier Gas: Helium (99.99 %)

Carrier Gas Flow: 20 ml/min Transfer Line Temp. 280 ^{o}C

Emission Curent: 20 micro amps Ionization mode: PS

Column: Agilent 19091S-433 HP-5MS 5ms 30 m x 0.25 mm ID df = 0.25

8-2 تصميم برنامج إدخال و تخزين المعلومات الآلي

كانت عملية حفظ المعلومات المخبرية تمثل إشكالية كبيرة من حيث المساحة التي تحفظ فيها وصعوبة استرجاع المعلومات وإعادة الأوراق إلى مكانة وإمكانية ضياعها أثناء تداولها، وكان الحل في استخدام الأرشفة الالكترونية. ولعل من أهم الأسباب التي حثتنا لتصميم برنامج تخزين معلومات تحاليل المختبرات هو عدم وجود برنامج محلي أو عربي يملك إمكانية تخصيص ملف معلوماتي خاص لكل بئر، وذلك بتسجيل حد أدنى من البيانات الحقلية لكل عينة مياه مثل موقع العينة، تاريخ و وقت جمع العينة، الجهة الطالبة للتحليل، اسم المراقب الصحي الذي احضر العينة، القياسات الحقلية مثل درجة الحرارة، ونسبة الكلور، ورصد التحاليل المطلوبة في استمارة طلب التحليل الالكترونية بواسطة موظفي الاستقبال بالمختبر الذين يملكون أرقام سرية خاصة بكل شخص للدخول لهذا البرنامج ولا تمكنهم من تسجيل أي نتائج، و أمكن إضافة مميزات أخرى مثل إمكانية تسجيل نتائج التحاليل في البرنامج بواسطة المتخصصين بأقسام المختبر الذين يقومون بإدخال بيانات النتائج بتوقيعهم الالكتروني السري، أيضا لا يمكنهم تغير النتائج إلا بواسطة رئيس القسم الذي يظهر توقيعه الالكتروني بمجرد التعديل. كما تتميز الطريقة الآلية لحفظ معلومات مراقبة جودة المياه بسرعة الحفظ والاسترجاع، وهذه الطريقة ذات فائدة اقتصاديه على المدى البعيد من حيث توفير المعلومات في أي وقت وحفظها للاستفادة منها في أي دراسات وطنية. أيضا توافق مثل هذه البرنامج مع برامج الحاسب الأخرى التي يمكن بواسطتها إدخال وتحليل البيانات مثل برنامج الإكسل من مجموعة ميكروسوفت أوفس. و يمكن في هذا البرنامج طباعة التقارير أو إرسالها بواسطة الانترنت.

وقد تم الاتفاق مع مؤسسة الحلول الالكترونية لتصميم برنامج لمختبر الصحة العامة بالعاصمة المقدسة وتشكيل فريق من المتخصصين بالمختبر ليقوم بتحضير المعلومات وترتيبها وتنظمها في جداول. حيث يمكن بعد ذلك إعداد بنوك مركزية للمعلومات يتم تغذيتها بالمعلومات الخاصة بجودة المياه من المختبرات و مراكز الأبحاث المتخصصة بمراقبة مصادر المياه المختلفة في السعودية، مما يوفر المرونة ويسهل تبادل المعلومات الإحصائية على مستوى المدن، وتعتبر مثل هذه البرامج قاعدة معلومات لتغطية متطلبات الجهات ذات العلاقة بالمياه بالمناطق المختلفة للمملكة. وتوضح الأشكال الموجودة في الملحق رقم (1) واجه البرنامج الجديد وبعض القوائم المنسدلة من كل ميزه، وبعض النماذج القديمة التي لا يتم الاحتفاظ بها، في حين أن النماذج الجديدة يمكن طباعتها ويمكن الاحتفاظ بنسخه في أقراص مدمجة على هيئة أرشيف الكتروني.

9-2 التحليل الإحصائي

تم تحليل نتائج هذه الدراسة باستخدام برنامج Statistical Package for Social Sciences (SPSS) الإصدار رقم 15، وذلك لإجراء التحاليل الإحصائية مثل تحديد المتوسط و الإحصاءات الوصفية Descriptive، بالإضافة فانه يمكن في الدراسات المتعلقة بالمسح أن يقوم الباحث إما بوصف الظاهرة موضوع الدراسة أو مقارنة أداء مجموعة من العناصر مع أداء مجموعة أخرى والفروق التي تظهر أو لا تظهر يمكن أن توضح الكثير من الأمور والتعليلات (الزعبي والطلافحة، 2000). وفي هذه الدراسة سوف يتم وضع فرضية وهي أن المياه الجوفية القادمه من المرتفعات الغربية تكون أكثر نقاء عند نزولها أثناء الأمطار خصوصا إذا كانت هذه المياه الجوفية غير عميقة، وكلما اتجهنا نحو المدينة (مكة المكرمة) حيث تكثر الأنشطة السكانية والتلوث بالمخلفات الحيوية، وتقل جودة المياه الجوفية ويزداد التلوث بعد الخروج من حدود المدينة. و لدينا أربعة مناطق داخلية هي ٤،٣،٢،١ وأربعة خارجية 8،7،6،5 وعليه سوف نستخدم الطريقتين، الأولى من خلال وصف ظاهرة تجاوز مياه الآبار الحدود المسموح بها في المواصفات الخليجية السابقة الذكر ومقارنة المناطق، والثانية باستخدام التحليل التباين الأحادي One Way ANOVA حيث أن لكل عينة مياه متغيرين الأول يسمى المتغير العامل Factor وهو المنطقة الموجود بها البئر والثاني المتغير المستقل Independent Variable وهو أما أن يكون اسمي Nominalمثل تركيز الصوديوم أو ترتيبي Ordinal مثل وجود أو عدم وجود كوليرا. فإذا رفضت الفرضية التي تقول ان هذا المتوسطات متساوية وكانت قيمة F اقل من0.05 فان متوسطات المتغير التابع للمناطق غير متساوية، وهي تشير إلى وجود فروق بين المناطق لصالح منطقة دون أخرى، ولتحديد تلك المنطقة التي بها فرق عن المناطق الاخري إذا كان هذا الفرق معنويا عند مستوى 0.05 تستخدم المقارنات البعدية Post Hoc باستخدام اختبارS-N-K ،Tukey و اختبار Dunnet,c C. كذلك تم استخدام تحليل التباين Analysis of Variance (ANOVA) بين متوسطات تركيز العينات داخل مكة للسنوات الثلاثة و وصف المتغيرات الكمية باستخدام طريق Box Plot. و استخدام برنامج الإكسل من مجموعة أوفس 2003 للرسومات الهستوجراميه ولترتيب النتائج قبل سحبها إلي برنامج SPSS. ويعتبر هذا النظام واحد من أهم الأنظمة المستخدمة في التحليل الإحصائي (الزعبي و الطلافحة،2000).

3.الفصل الثالث

النتائج

3-1المرحلة الأولى

تم في هذه المرحلة من الدراسة الحالية حصر وتحديد إحداثيات وارتفاع الآبار داخل حدود مدينة مكة عن سطح البحر، وأيضا الآبار التي تمتد حول مدينة مكة على هيئة حزام. وحصر مصادر التلوث المحتملة للمياه الجوفية وتحديد إحداثياتها، كما تم اخذ العينة الأولى من جميع الآبار التي تم حصرها داخل وخارج مدينة مكة لعام 2006م كعملية استطلاع مبدئي لكل الآبار المستخدمة في هذه المناطق لتقييم مؤشرات جودة المياه الأساسية الفيزيائية والكيميائية والميكروبية حسب المواصفات السعودية. وعمل مقارنة للنتائج بين الجهات المختلفة داخل وخارج مكة المكرمة ومعرفة مدى تأثير الأنشطة البشرية على جودة المياه. بالإضافة لحصر الأماكن التي من الممكن أن تكون مصادر لتلوث المياه الجوفية وتحديد إحداثياتها داخل مدينة مكة المكرمة.

3-1-1 حصر وتحديد الإحداثيات للآبار لمنطقة الدراسة

صنفت الآبار إلي آبار غير صالحة للشرب توضع عليها لوحة خضراء، و آبار صالحة للشرب بلوحة زرقاء، وكذلك تلون الصهاريج التي تنقل مياه الآبار بنفس الألوان، و اللون الأبيض لنقل مياه التحلية والأصفر لنقل مياه الصرف الصحي. و تختلف أعداد الآبار الموجودة في مكة بسبب ردم أو توقف بعضها من قبل المالك أو من قبل البلدية أو لجفافها. و بلغت عام 2006م في الدراسة الحالية تسعة وأربعون بئر داخل حدود مدينة مكة وهو اقل من أعدادها عام 1998 م البالغة تسعة وخمسون (وزارة الصحة، 1998). وأقل بكثير من أعدادها عام ٢٠٠٤م البالغة أربع وثمانون بئر (وزارة الصحة، 2004). وتم اختيار تسعة وستون بئر تقع في الأودية والقرى حول حدود مدينة مكة المكرمة على هيئة حزام يحيط مدينة مكة المكرمة، و ذلك للمقارنة بين خصائص

تلك المياه مع مياه الآبار داخل مكة المكرمة وتحديد مدى تأثير الأنشطة الحضرية على خصائص جودة المياه.

3-1-2 تحديد الإحداثيات لمصادر تلوث المياه الجوفية المحتملة بمكة

تشكل محطات معالجة الصرف الصحي و النفايات بجميع أشكالها وصورها أهم مصادر التلوث المتسربة للمياه الجوفية بمكة المكرمة وقد تم حصر و تحديد الإحداثيات لمصادر تلوث المياه الجوفية بمكة وتشمل:

محطات المعالجة والصرف الصحي

تشمل محطات المعالجة، محطات الضخ والرفع و البيارات المنزلية. و تشير الأبحاث إلى أن 60% من المياه المستهلكة داخل المنازل في المدن الرئيسية تعود مرة أخرى على هيئة مياه صرف يمكن أن تستخدم لأغراض الري إذا تمت معالجتها (الطخيس، 2002). وعلى الرغم من ان محطات معالجة مياه الصرف تعد من وسائل الحد من التلوث إلا أنة ينبغي رصد احتمالات التلوث الصادر عنها، حيث قد يحدث أحياناً ارتفاع مفاجئ في تركيز الملوثات بمياه الصرف أما بسبب ظروف التشغيل المتقطعة أو زيادة الأحمال عن القدرة الاستيعابية. وتتكون شبكة الصرف الصحي بمكة المكرمة من خطوط رئيسية وفرعية و توصيلات منزلية وتبلغ أطوال الشبكة حوالي 1308كم طولي وتغطي شبكة الصرف حاليا 60% تقريبا من مساحة مكة المكرمة، أي أن 40% من أحياء العاصمة المقدسة تستخدم البيارات المنزلية وبالتالي فان المياه تجد طريقها إلي التربة ومن ثم إلي المياه الجوفية دون أي معالجة (أمارة مكة، 2005). و توجد ستة وعشرين محطة، منها سبعة رئيسية وتسع عشر محطة ضخ، وهناك محطتين معالجة في كل من الكعكية وحي النسيم، تبلغ طاقتها من المياه المعالجة 35,000م^3 /يوم والمحطة الثانية تبلغ طاقتها30,000م^3 /يوم وتم تحديد إحداثياتها (الجدول رقم 11). و تعتبر هذه المحطات من مصادر التلوث لمدينة مكة وذات اثر سلبي على الهواء والمياه الجوفية خصوصا في أيام المواسم حيث تتعد طاقتها الاستيعابية (مصلحة المياه، 2007)

المسالخ والمجازر

تشمل المسالخ العامة و مسالخ الدواجن والمطابخ التجارية. وتكمن مشكلة المسالخ في مخلفات الدم والمخلفات الأخرى وبالتالي وصولها إلي شبكة الصرف العامة ثم إلي محطات معالجة مياه الصرف الصحي التي يحصل لها ارتفاع مفاجئ في تركيز الملوثات، وبالتالي تؤثر سلبا على عملها لاحتوائها كميات كبيره من الدهون، ناهيك عن وصولها إلي المياه الجوفية بطريق غير مباشر عن طريق البيارات. لذلك يجب أن تتوفر في المسالخ اشتراطات تحافظ على حماية البيئة

جدول 11. قائمة بأسماء وإحداثيات محطات المعالجة والرفع والضخ الأرضية بمكة

	اسم المحطة	الموقع	الإحداثيات	
1	محطة المعالجة الرئيسية	الكعكية	39°52'19.46"E	21°21'29.54"
2	محطة المعالجة النسيم	العوإلي	39°47'17.32"E	21°26'22.23"
محطات الرفع الرئيسية				
1	محطة الساعة القديمة	النزهة - الجمعية	39°47'17.32"E	21°26'22.23"
2	محطة الساعة الجديدة	النزهة - الجمعية	39°47'15.56"E	21°26'21.02"
3	محطة الرصيفة	بجوار قصر أفراح بدر	39°47'8.62"E	21°24'7.94"N
4	محطة (6)	العمرة المدينة الصناعية	39°47'38.36"E	21°29'6.15"N
5	محطة (8)	شارع الحج	39°50'25.49"E	21°27'49.64"
6	محطة العدل	ميدان العدل -الأمارة	39°51'3.38"E	21°26'21.43"
7	محطة القشاشية	أسفل ساحات الحرم	39°49'42.33"E	21°25'37.23"
محطات الضخ الأرضية				
1	محطة أم الدرج	بجوار المرور	39°46'48.24"E	21°26'29.06"
2	محطة الكسوة	بجوار الكسوة	39°45'25.49"E	21°26'6.36"N
3	محطة الإسكان	مخطط الإسكان	39°47'10.46"E	21°24'8.54"N
4	محطة فيصل بدر	بجوار التأمينات	39°46'49.22"E	21°25'32.68"
5	محطة (5)	العمرة سوق الشام	39°47'27.32"E	21°30'36.68"
6	محطة (4)	البحيرات	39°47'52.62"E	21°28'3.37"N
7	محطة الإصلاحية	العمرة- السجن	39°47'22.90"E	21°31'30.15"
8	محطة (3)	ش الحج /التشليح	39°49'4.26"E	21°27'50.42"
9	محطة (7)	ش الحج /الدواس	39°50'27.11"E	21°27'59.86"
10	محطة (9)	ش الحج مسجد دغش	39°49'24.98"E	21°27'21.45"
11	محطة الخنساء	ش الحج +ش الخنساء	39°50'43.94"E	21°27'12.07"
12	محطة المنصور	ش المنصور	39°47'2.40"E	21°24'49.35"
13	محطة الشيخ إبراهيم	الطريق الدائري الثالث	39°52'26.90"E	21°22'58.99"
14	محطة كدي	طريق كدي	39°49'34.92"E	21°23'59.61"
15	محطة أم القرى	بجوار الجامعة العزيزية	39°51'51.00"E	21°24'23.83"
16	محطة جرول	جرول	39°48'55.29"E	21°25'42.77"
17	محطة الفتح	الحرم(باب الفتح)	39°49'31.95"E	21°25'26.65"
18	محطة الندوة	الحرم (باب الندوة)	39°49'44.55"E	21°25'29.94"
19	محطة الشامية	الحرم (باب الشامية)	39°49'34.05"E	21°25'28.61"

مثل وحدة معالجة نفايات الدم وكذلك وحدة معالجة وفرم مخلفات المجازر (خيرو و آخرون، 2003).و توجد حاليا ثلاثة مسالخ آلية في الكعكية و المعيصم و بمشعر منى التي تأسست عام 1982م تحت إشراف البنك الإسلامي (البنك الإسلامي،2003)، وتم تحديد إحداثياتها بالجدول رقم (12)، و تبلغ الطاقة الاستيعابية لمجازر منى مجتمعة حوالي 600,000 رأس من الأغنام والأبقار و الإبل في الفترة الموسمية(الطبري وآخرون،2005).

المرادم البلدية

يوجد بمكة المكرمة موقعين لردم النفايات احدهم قديم ويقع في منطقة المعيصم وقد تم إغلاقه بعد أن أصبح وسط الأحياء السكانية، والآخر الحديث خارج حدود الحرم من الناحية الجنوبية في طريق الجنوب حسب ما هو موضح في (الجدول رقم 12). إلا أن هناك مرادم عشوائية يستخدمها بعض المواطنين خلسة دون علم الأجهزة الرقابية في عدد من أحياء مكة مثل منطقة الحسينية.

مراكز الخدمات البترولية والورش

تعتبر مراكز الخدمات البترولية، مراكز غيار الزيوت، الورش و مستودعات القطع المستعملة (التشليح) من المصادر المحتملة لتلوث المياه الجوفية بالزيوت والمشتقات البترولية. و تتوقف طبيعة التلوث في مراكز الخدمات البترولية على نوعية الخدمات التي يقدمها والمخلفات التي ينتجها. وبتتبع للمراجع المحلية والإحصائيات والبيانات المتاحة محليا لم تجرى أي دراسات للكشف عن المواد البترولية في المياه الجوفية بمكة. ويبلغ عدد محطات الوقود في مكة المكرمة 123 محطة حسب ما هو موضح في الملحق (2). وعلى الرغم من صدور لائحة الاشتراطات الخاصة بمحطات الوقود والغسيل والتشحيم المعدلة في عام 1420هـ، وإلزام الإدارة العامة للدفاع المدني كل المحطات بوضع نظام للكشف المبكر عن التسرب في خزاناتها (الجار الله، 1420هـ)، إلا أن المعلومات التي تم جمعها في الدراسة الحالية أثناء الجولات الميدانية أثبتت عدم وجود مثل هذه الأنظمة بنسبة 100%، والاكتفاء بأنظمة الإطفاء الآلي التي وجدت في 96% من المحطات، في حين وفرت 97.6% من المحطات طفايات حريق يدوية، وبلغت المحطات التي لها عقود صيانة دورية 35.7%، في حين قامت ما نسبته 12.2% من المحطات بتغير الخزانات منذ إنشائها. ويبلغ عدد مراكز غيار الزيوت بمكة 217 مركزا تقدم خدمات تغيير الزيوت و التشحيم للسيارات والشاحنات كما هو وارد في ملحق (3). و غالبا ما يتم التخلص من الزيوت المستهلكة عن طريق بيعها ونقلها بالصهاريج السوداء إلى محطات التدوير أو تمريرها إلى شبكة الصرف العامة. و أوضحت نتائج المعلومات التي تم جمعها أثناء الجولات الميدانية أن جميع مراكز تغير الزيوت لا تحتوي على أنظمة آلية لإطفاء الحريق، وان 96.3% من هذه المراكز تحتوى على طفايات حريق في حين أن 90.3% لا تحتوي أي نظام آلي لإطفاء الحرائق.

جدول 12. إحداثيات الورش، المرادم و المسالخ كملوثات محتملة للمياه الجوفية بمكة المكرمة

الرقم	مصدر التلوث المحتمل	العنوان	الإحداثيات	
1	مجمع ورش العزيزية	العزيزية	39°53'18.03"E	21°23'32.51"N
2	مجمع ورش الكعكية	الكعكية	39°48'03.08"E	21°21'70.59"N
3	ورش شارع الحج	خلف السجن	39°48'43.09"E	21°27'29.56"N
4	ورش شارع الحج	أسواق الدواس	39°49'33.07"E	21°27'54.32"N
5	تشليح شارع الحج	شارع الجزائر	39°49'05.09"E	21°27'17.53"N
6	تشليح خط الجنوب	خط الليث	39°45'12.60"E	21°20'36.32"N
7	مرمى نفايات جديد	العكيشية	39°48'49.57"E	21°15'52.59"N
8	مرمى نفايات قديم	المعيصم	39°54'60.57"E	21°26'58.24"N
9	مرمى عشوائي	الحسينية	39°52'46.59"E	21°19'15.04"N
10	مسلخ إلي	الكعكية	39°48'29.61"E	21°22'24.12"N
11	مسلخ عادي	الكعكية	39°48'24.35"E	21°22'29.91"N
12	مجازر مني	منى	39°54'30.35"E	21°25'20.11"N
13	مسلخ عادي متوقف	المعيصم	39°53'51.43"E	21°27'58.54"N

وبلغت المراكز التي لها عقود صيانة دورية لخزانات الزيوت المستعملة 16.1% في حين أن ما نسبته 12% من المراكز قامت بتغير الخزانات منذ إنشائها. و نظراً لتأثيراتها الخطيرة على المياه والتربة فيجب التفتيش على أساليب التخلص منها بصفة دوريه ومراجعة السجلات الخاصة بعمليات سحبها أو بيعها. أما الورش فتوجد أربع مجمعات في مكة حسب ما هو موضح في (الجدول رقم 12)، وتعتبر مواد الطلاء، سوائل تنظيف المعدات، بقايا زيوت التشحيم و المياه المستخدمة للتغسيل، من أهم الملوثات المتسربة من الورش. و يبلغ عدد مستودعات القطع المستعملة (التشليح) في مكة اثنان تم تحديد إحداثياتها حسب ما هو موضح في (الجدول رقم 12).

3-1-3الاختبارات الفيزيائية و الفيزيوكيميائية للمرحلة الأولى

تم دراسة ثمانية عناصر من عناصر الجودة الفيزيائية و الفيزيوكيميائية لعينات المياه التي جمعت في المرحلة الأولى من داخل حدود مدينة مكة المكرمة وخارجها. وهذه الخصائص هي اللون، الرائحة، الطعم، العكاره، درجة التوصيل الكهربائية، درجة الأس الهيدروجيني و الأملاح الكلية الذائبة،العسر الكلي.

- داخل حدود مدينة مكة المكرمة

تم تحليل تسعة وأربعون عينة مياه من الآبار داخل حدود مدينة مكة المكرمة وكانت النتائج حسب ما هو موضح في الجداول (13،14). إذ بلغت أقصى قيمة لدرجة التوصيل الكهربائية في الآبار داخل مكة المكرمة µS/cm4168.5 وكانت للبئر(1 س ج غ) و يقع في المنطقة (4) جنوب غرب مكة المكرمة، واقل قيمة µS/cm322.35 للبئر(6 ص ج غ) في المنطقة (4) جنوب غرب مكة المكرمة وهو ما يمثل 12.9 ضعف أعلى قيمة، ويظهر الشكل (2) متوسطات درجة التوصيل الكهربائية للعينة الأولى لعام 2006م للآبار داخل مكة المكرمة حسب الجهات، ويظهر أن المنطقة (4) جنوب غرب مكة المكرمة هي الأعلى بين المناطق الداخلية. وبلغت أعلى قيمة للأملاح الكلية الذائبة 2121 مجم/لتر في البئر (1 س ج غ)، وهي 14.7 ضعف اقل قيمة البالغة 143.85 مجم/لتر للبئر(6 ص ج غ) و يقعان في المنطقة (4) جنوب غرب مكة المكرمة، ويظهر الشكل (2) متوسطات الأملاح الكلية الذائبة للعينة الأولى لعام 2006م للآبار داخل مكة المكرمة حسب الجهات. في حين بلغت أعلى قيمة للعسر الكلي ٢٥٢٢ مجم/لتر للبئر (١ف ش غ) و الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة وهي تمثل ٦٠ ضعف أقل قيمة البالغة ٤٢ مجم/لتر و كانت لمياه البئر(٦ص ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة.

جدول ١٣ . النتائج الفيزيوكيميائية للمرحلة الأولى للآبار داخل مكة المكرمة الجزء الشمالي الشرقي و الجنوبي الشرقي

نتائج الآبار داخل مكة جنوب شرق (٣)									نتائج الآبار داخل مكة شمال شرق (١)								
الرقم	**Taste**	**Odour**	**Color**	**Turb.**	**pH**	**TDS**	**Cond.**	**TH**	**الرقم**	**Taste**	**Odour**	**Color**	**Turb.**	**pH**	**TDS**	**Cond.**	**TH**
١ب ج ش	يوجد	مقبولة	بدون	0.45	8.06	**1392.5**	**2774.6**	**732.9**	١غ ش ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.36	6.87	448.35	926.1	294
٢ب ج ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.37	8.2	606.21	1245.9	305.72	١ش ش ش	مقبول	مقبولة	**يوجد**	0.58	7.69	**1937.5**	**3832.9**	456
١ع ج ش	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.39	7.09	**1366.3**	**2701.1**	**840.8**	٤ش ش ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.18	7.76	687.61	1411	231.66
٢ع ج ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.38	7.56	832.1	671.59	630.6	٥ش ش ش	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.23	7.27	512.81	936.12	261.14
٣ع ج ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.38	7.04	**1291.6**	**2186.1**	**672.64**									

جدول ١٤ . النتائج الفيزيوكيميائية للمرحلة الأولى للآبار داخل مكة المكرمة الجزء الشمال الغربي و الجنوب الغربي

نتائج الآبار داخل مكة جنوب غرب (٤)								نتائج الآبار داخل مكة شمال غرب (٢)							
الرقم	Taste	Odour	Color	Turb.	pH	TDS	Cond.	TH	الرقم	Taste	Odour	Color	Turb	pH	TDS	Cond.	TH
١م ج غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.36	7.85	950.55	**2170.35**	63	٢ز ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.39	7.97	788.55	**1608.6**	336
٢م ج غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.25	7.76	367.5	825.3	273	٣ز ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.29	7.98	659.4	1365.1	336
٣م ج غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.21	7.46	486.15	1009.1	294	٤ز ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.32	8.12	466.2	966.2	201.6
٥م ج غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.11	7.86	990.75	**2200.5**	42	٥ز ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.24	7.51	719.25	1472.1	336
٦م ج غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.44	7.62	454.65	950.25	294	٦ز ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.27	8.2	582.75	1201.2	210
١ك ج غ	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.24	8.01	730.81	1496.2	188.46	٧ز ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.19	7.98	636.3	1310.4	273
٢ك ج غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.35	8.06	**1350.6**	**2669.9**	**837.6**	١١ ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.27	7.76	962.52	**2070.5**	420.4
١س ج غ	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.21	7.83	**2121**	**4168.5**	**1092**	١٢ ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.25	8.04	804.02	**1629.1**	294.2
٢س ج غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.22	7.77	**1816.5**	**3559.5**	**924**	١٣ ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.22	8.09	775.64	1592.3	252.2
٣س ج غ	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.17	7.87	**1533**	**3045**	**840**	١٤ ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.39	8.09	708.37	1443.2	231.2
٤س ج غ	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.42	8.04	**1606.5**	**3181.5**	**924**	١٥ ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.33	7.49	**1912.8**	**2701.1**	**1051**
٥س ج غ	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.21	7.94	**2089.5**	**4084.5**	**1050**	١٦ ش غ	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.22	7.73	**1576.5**	**3153.2**	**840.8**
٦س ج غ	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.68	7.99	**1764**	**3475.5**	**924**	١٧ ش غ	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.24	7.41	**1524**	**3026.9**	**756.7**
٧س ج غ	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.3	8.21	**2026.5**	**3958.5**	**1050**	١٨ ش غ	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.21	8.02	983.74	1965.4	357.3
١ص ج غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.36	7.4	394.8	852.6	151.2	١٩ ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.35	7.01	793.51	1582.8	294.2
٢ص ج غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.34	7.91	518.7	1070	**180.6**	١١٠ ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.34	8.08	866.02	**1772**	378.3
٣ص ج غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.31	8.11	636.3	940.8	252	١١١ ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.37	8.09	870.23	**1776.2**	336.3
٤ص ج غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.23	8.09	451.5	940.8	189	١١٢ ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.24	7.83	722.04	1484.5	273.2
٥ص ج غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.25	7.56	735	1513.1	231	١ف ش غ	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.31	6.62	493.97	896.56	2522
٦ص ج غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.36	7.51	143.85	322.35	42	١ن ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.34	8.23	506.75	983.3	146.5

و يظهر الشكل (٢) متوسطات العسر الكلي للعينة الأولى لعام ٢٠٠٦م للآبار داخل مكة المكرمة حسب الجهات، وان المنطقة (١) هي الأقل من حيث درجة تركيز العسر الكلي بين المناطق. بالمقابل كانت أعلى قيمة لدرجة العكاره ٠.٦٨ NTU للبئر (٦ س ج غ) واقل قيمة ٠.١١ NTU للبئر (٥م ج غ) أي بنسبة انخفاض بلغت 84% وهما من آبار منطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، ويظهر الشكل (٢) مدى تقارب متوسطات درجة العكاره للعينة الأولى لعام ٢٠٠٦م للآبار داخل مكة المكرمة حسب الجهات مع ارتفاع بسيط للمنطقة (٣) جنوب شرق مكة المكرمة. أما درجة الأس الهيدروجيني فقد تراوحت بين القاعدية ٨.٢٣ للبئر(١ن ش غ) واقل قيمة قريبة من التعادل ٦.٦٢ للبئر (١ ف ش غ) وهذه الآبار تقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، ويوضح الشكل (٢) متوسطات درجة الأس الهيدروجيني للعينة الأولى لعام ٢٠٠٦م للآبار داخل مكة المكرمة حسب الجهات، وكانت المنطقتين (٢) و (٤) هما الأعلى من حيث ارتفاع متوسط درجة الأس الهيدروجيني والأكثر قاعدية بعكس المنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة التي تعتبر الأقرب للمياه المتعادلة. في حين بلغت العينات الإيجابية للون عينة واحدة فقط للبئر(١ ش ش) الواقع في منطقة شمال شرق مكة ولم تسجل أي عينة إيجابية للرائحة، وتم تسجيل ١٤ عينة ايجابية للطعم، تركزت منها ٦٤.٣% في منطقة جنوب شرق و جنوب غرب مكة المكرمة.

- خارج حدود مدينة مكة المكرمة

تم تحليل تسعة وستون عينة مياه آبار تمثل المياه الجوفية خارج حدود مدينة مكة المكرمة وقد أوضحت النتائج بالجداول (١٥،١٧،١٦) أن أقصى قيمة لدرجة التوصيل الكهربائية في الآبار خارج مكة هي ٧٧٣٥.٣٦ µS/cm وكانت للبئر (١٦غ) الواقع بالمنطقة (٧)غرب مكة وهو ما يساوي ٦٦.٩ ضعف اقل قيمة ١١٥.٦١ µS/cm والتي كانت للبئر(٣٦ ش) الواقع في المنطقة (٥) شرق مكة، ويظهر الشكل (٢) متوسطات درجة التوصيل الكهربائية للعينة الأولى لعام ٢٠٠٦م للآبار خارج مكة المكرمة حسب الجهات، ويتضح أن المنطقة (٨) جنوب و(٧)غرب خارج مكة المكرمة هي الأعلى بين المناطق. وبلغت أعلى قيمة للأملاح الكلية الذائبة ٤٠٣٥.٨ مجم/لتر للبئر(١٦غ) واقل قيمة ١٨٢.٨ مجم/لتر للبئر (٢٢غ) و تقع هذه الآبار بالمنطقة (٧)غرب مكة أي بنسبة انخفاض بلغت ٩٥.٥ % عن أعلى قيمة، ويتضح أن المنطقتين (٨) جنوب و (٧)غرب خارج مكة المكرمة هي الأعلى بين المناطق الخارجية لمكة المكرمة. وتضاعفت قيمة العسر الكلي ٨٣.٩ مره في بئر (٢١ ش) عنها في البئر (٢٢ ش) حيث بلغت ٢٠١٧.٩ و ٤٢.٠٤ مجم/لتر، على التوالي، وهما من آبار المنطقة (٧) غرب مكة المكرمة، ويظهر الشكل (٢) متوسطات العسر الكلي للعينة الأولى لعام ٢٠٠٦م للآبار خارج مكة المكرمة حسب الجهات.

جدول ١٥. النتائج الفيزيوكيميائية للمرحلة الأولى للآبار خارج مكة المكرمة (٧) غرب (٨) جنوب

نتائج الآبار خارج مكة جنوب (٨)									نتائج الآبار خارج مكة غرب (٧)								
الرقم	**Taste**	**Odour**	**Color**	**Turb.**	**pH**	**TDS**	**Cond.**	**TH**	**الرقم**	**Taste**	**Odour**	**Color**	**Turb.**	**pH**	**TDS**	**Cond.**	**TH**
١ ج	**يوجد**	مقبولة	مقبولة	0.14	7.34	**1560**	**3074**	**753.84**	١٦ غ	**يوجد**	مقبولة	مقبولة	0.24	7.67	**4035.8**	**7735.36**	210.2
٢ ج	**يوجد**	مقبولة	مقبولة	0.34	7.6	**3015.4**	**5779.4**	**1675.2**	١٧ غ	**يوجد**	مقبولة	مقبولة	0.24	7.78	**2732.6**	**5297.04**	462.44
٣ ج	**يوجد**	مقبولة	مقبولة	0.33	7.64	**2628**	**5057**	**1465.8**	١٨ غ	**يوجد**	مقبولة	مقبولة	0.26	7.88	**1429.3**	**2858.72**	**714.68**
٤ ج	**يوجد**	مقبولة	مقبولة	0.28	7.63	**2952.5**	**5653.8**	**1675.2**	٢٠ غ	**يوجد**	مقبولة	مقبولة	0.45	7.83	**2827.1**	**5107.86**	**1555.4**
٥ ج	**يوجد**	مقبولة	مقبولة	0.49	7.91	**1518.2**	**3015.4**	**753.84**	٢١ غ	**يوجد**	مقبولة	مقبولة	0.38	7.36	**3825.6**	**7146.8**	**2017.9**
٦ ج	**يوجد**	مقبولة	مقبولة	0.33	7.63	**2282.4**	**4418.34**	**1088.88**	٢٢ غ	مقبول	مقبولة	مقبولة	0.34	8.44	182.8	389.921	42.04

جدول ١٦. النتائج الفيزيوكيميائية للمرحلة الأولى للآبار خارج مكة المكرمة (٥) شرق

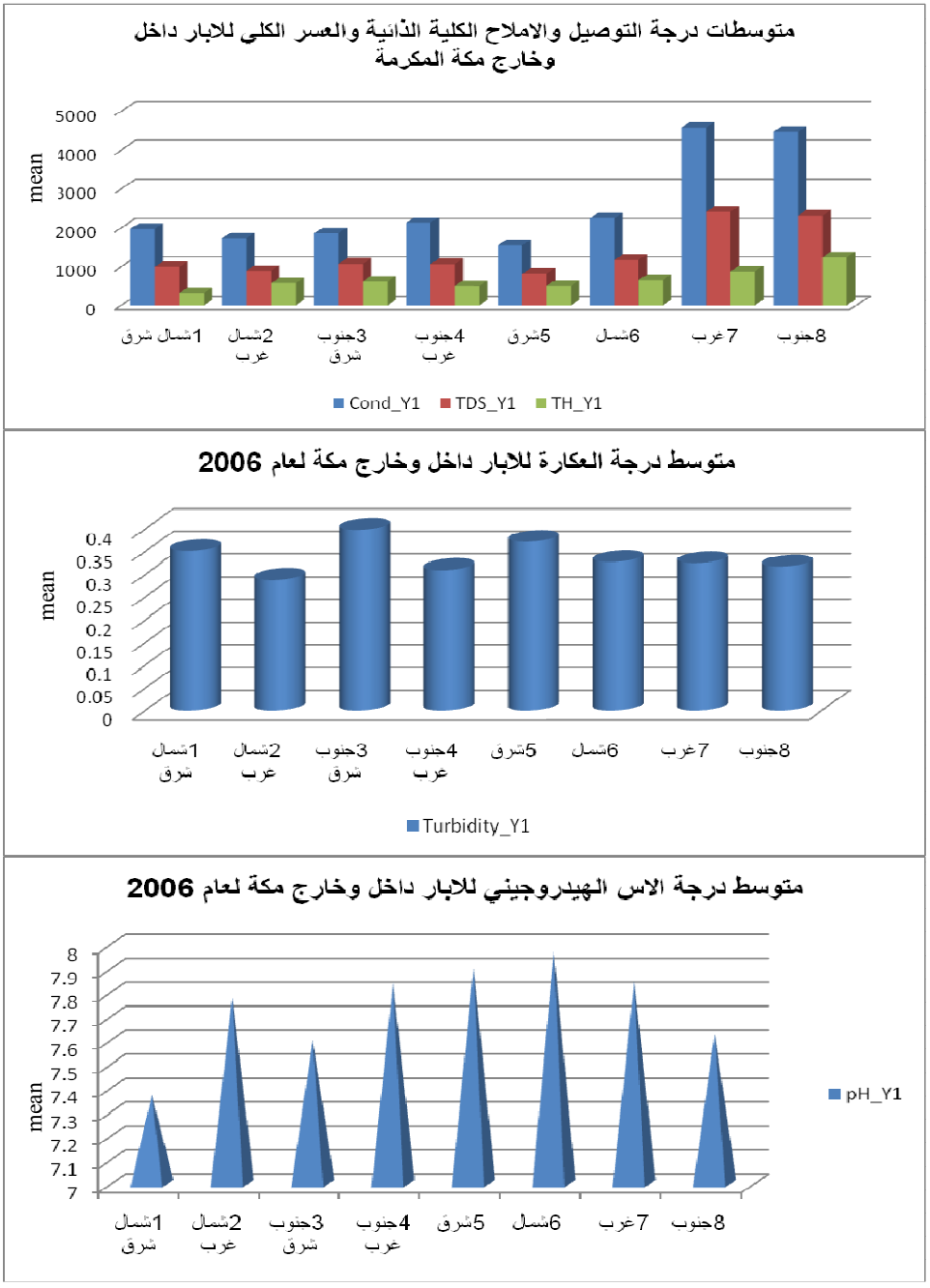
نتائج الآبار خارج مكة شرق								
الرقم	Taste	Odour	Color	Turb.	pH	TDS	Cond.	TH
٣ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.39	8.03	672.6	1394.67	378.3
٤ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.78	8.02	341.6	712.578	210.2
٥ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.39	7.98	711.5	1458.78	462.4
٦ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.25	7.99	699.9	1435.66	421.2
٨ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.19	8.02	689.4	1415.69	420.4
٩ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.59	8.05	712.6	1457.73	462.4
١٠ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.33	8.01	789.3	**1613.28**	588.6
١١ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.22	8.٠	731.4	1471.4	546.5
١٣ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.32	7.88	406.7	847.106	231.2
١٤ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.31	7.9	600.1	1234.92	378.6
١٥ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.36	7.88	576.9	1194.98	378.6
١٦ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.35	8.25	663.1	1366.3	399.8
١٧ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.57	7.99	604.3	1263.3	496
٢٠ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.24	7.73	710.4	1457.73	462.4
٢١ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.31	7.73	697.8	1435.66	404.8
٢٣ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.54	8.04	823.9	**1602.77**	490.5
٢٤ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.19	8.04	694.7	1384.16	441.2

تابع نتائج الآبار خارج مكة شرق								
الرقم	Taste	Odour	Color	Turb.	pH	TDS	Cond.	TH
٢٦ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.39	8.03	446.6	925.93	168.6
٣٠ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.38	7.09	**1366.3**	**2701**	**840.8**
٣٢ش	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.45	7.7	**1629.1**	**2501.3**	**840.8**
٣٣ش	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.11	7.67	**1513.4**	**2942.8**	**756.2**
٣٤ش	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.53	7.77	**1156.1**	**2532.9**	**693.6**
٣٦ش	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.2	7.88	941.6	115.61	588.5
٣٧ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.4	8.05	396.7	714.68	189.1
٤٠ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.69	8.05	552.8	1187.63	**552.8**
٤١ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.36	7.86	442.4	863.92	294.2
٤٢ش	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.29	7.66	**1376.8**	**2595.97**	**714.6**
٤٣ش	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.42	7.91	**1135.1**	**2186.08**	**630.6**
٤٤ش	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.29	7.89	**1072.2**	**2123.02**	**630.6**
٤٥ش	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.32	7.99	979.5	1544.97	**630.6**
٤٦ش	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.36	7.98	**1082.5**	**2207.1**	**630.6**
٤٧ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.29	8.05	843.6	**2079.92**	**617.9**
٤٨ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.33	8.12	940.6	1429.36	**609.5**

جدول ١٧. النتائج الفيزيزكيميائية للمرحلة الأولى للآبار خارج مكة المكرمة (٦) شمال

نتائج الآبار خارج مكة شمال (٦)								
الرقم	**Taste**	**Odour**	**Color**	**Turb.**	**pH**	**TDS**	**Cond.**	**TH**
٢٩شم	مقبول	مقبولة	بدون	0.26	8.13	930.8	**1824.85**	**610.74**
٣٠شم	مقبول	مقبولة	بدون	0.54	8.02	980.3	**1921.73**	**628.64**
٣١ شم	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.22	7.89	**1179.3**	**2246.6**	**631.8**
٣٢ شم	مقبول	مقبولة	بدون	0.27	7.9	**1253**	**2258.72**	**673.92**
٣٣ شم	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.67	7.95	**1663.7**	**3190.59**	**1137.24**
٣٤ شم	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.49	8.16	**1095.1**	**2232.36**	**631.8**
٣٥ شم	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.21	7.8	**1179.3**	**2279.78**	**673.92**
٣٦ شم	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.25	7.87	**2853.6**	**5454.54**	**1558.44**
٣٧ شم	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.24	8.12	**1158.3**	**2216.6**	**652.86**
٣٨ شم	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.37	8.11	**1200.4**	**2432.43**	**673.92**
٣٩ شم	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.35	8.27	509.6	1053	147.42
٤٠ شم	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.29	7.6	**1221.4**	**2548.26**	**673.92**

تابع نتائج الآبار خارج مكة شمال (٦)								
الرقم	**Taste**	**Odour**	**Color**	**Turb.**	**pH**	**TDS**	**Cond.**	**TH**
٤١ شم	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.26	7.89	**1558.4**	**2685.15**	**758.16**
٤٢ شم	مقبول	مقبولة	بدون	0.19	8.24	356.9	741.312	231.66
٤٣ شم	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.35	7.69	**1526.8**	**2242.89**	**631.8**
٤٤ شم	مقبول	مقبولة	بدون	0.34	7.79	**1280.4**	**2548.26**	**673.92**
٤٥ شم	مقبول	مقبولة	بدون	0.33	8.31	321.1	682.344	210.6
٧٠ شم	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.33	7.69	**1642.6**	**3253.77**	**842.4**
٧١ شم	مقبول	مقبولة	بدون	0.28	7.89	718.1	1463.67	379.08
٧٢ شم	مقبول	مقبولة	بدون	0.27	8.09	455.9	929.78	336.96
٧٣ شم	مقبول	مقبولة	بدون	0.25	8.14	436.9	908.74	336.96
٧٤ شم	مقبول	مقبولة	بدون	0.29	7.63	**2464.2**	**4738.5**	**1305.7**
٧٥ شم	مقبول	مقبولة	بدون	0.26	8.1	381.1	792.91	252.72
٨١ شم	مقبول	مقبولة	بدون	0.34	7.97	799.2	**1637.42**	589.68



الشكل 2. متوسطات الاختبارات الفيزيائية داخل وخارج مكة المكرمة

ويتضح أن المنطقة (٨) جنوب و(٧)غرب خارج مكة المكرمة هي الأعلى أيضا. أما درجة العكاره فبلغت أعلى قيمة ٠.٧٨ و ٠.١١ NTU اقل قيمة للآبار(٤ ش) و (٣٣ ش)، على التوالي، ويقعان في المنطقة (٥) شرق مكة، ويظهر الشكل (٢) بصفة عامة مدى تقارب متوسطات العكاره للعينة الأولى لعام ٢٠٠٦م للآبار خارج مكة المكرمة حسب الجهات. أما درجة الأس الهيدروجيني فبلغت أعلى قيمة ٨.٤٤ وهي قريبة جدا من الحد الأعلى المسموح به في المواصفات السعودية والبالغ ٨.٥ وكانت للبئر(٢٢غ) الواقع في المنطقة (٧) غرب مكة واقل قيمة ٧.٠٩ وكانت للبئر(٣٠ش) الواقع في المنطقة (٥) شرق مكة، ويظهر الشكل (٢) متوسطات درجة الأس الهيدروجيني للعينة الأولى لعام ٢٠٠٦م للآبار خارج مكة المكرمة حسب الجهات، ومن الواضح أن المنطقة (٦) شمال خارج مكة المكرمة هي الأعلى بين المناطق. و لم تسجل أي عينة ايجابية للرائحة أو اللون، وتم تسجيل ٣٢ عينة إيجابية للطعم، وهي تمثل جميع الآبار التي تقع جنوب مكة، وجميع الآبار التي تقع غرب مكة ما عدا بئر واحدة من مجموع ستة آبار، و حوالي ٥٠% من الآبار التي تقع شمال مكة، و ٢٧% من الآبار التي تقع شرق مكة المكرمة.

4-1-3 الإختبارات الكيميائية الأساسية للمرحلة الأولى

تم دراسة احد عشر عنصر من عناصر الجودة الكيميائية الأساسية لمراقبة المياه وهي : الفلورايد (F)، الصوديوم (Na)، البوتاسيوم (K)، المغنسيوم (Mg)، الكالسيوم (Ca)، النحاس (Cu)، الحديد (Fe)، الكوريدات (Cl)، الكبريتات (SO_4)، النتيريت (NO_2) و النترات (NO_3) لجميع الآبار المشمولة في المرحلة الأولى.

- داخل حدود مدينة مكة المكرمة

أوضحت النتائج الواردة في الجداول (18،19،20) أن أعلى قيمة للفلورايد بلغت ٢.١٥ مجم/لتر، وكانت للبئر(٢ ع ج ش) الواقع في المنطقة (٣) جنوب شرق مكة المكرمة، واقل قيمة ٠.١٧ مجم/لتر للبئر (٤ أ ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة، ويظهر الشكل (٣) المتوسطات للعينة الأولى لعام ٢٠٠٦م للآبار داخل مكة المكرمة حسب الجهات، ويتضح أن المنطقة (٣) جنوب شرق مكة المكرمة هي الأعلى بين المناطق التي تقع داخل مكة المكرمة. وسجل أعلى تركيز للنحاس ٥.٧٤ مجم/لتر للبئر(٥ ش ش ش) بمنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة، واقل قيمة سجلت ٠.٠٢٢٥ مجم/لتر للبئر (٦ س ج غ) في منطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، ويظهر الشكل (٣) المتوسطات للعينة الأولى لعام ٢٠٠٦م للآبار داخل مكة المكرمة حسب الجهات، ويتضح أن المنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة هي الأعلى بين المناطق التي تقع داخل مكة المكرمة. وسجلت أعلى قيمة للبوتاسيوم ٧٠.١ مجم/لتر للبئر(١ غ

ش ش) ويقع في منطقة (١) شمال شرق مكة، واقل قيمة سجلت للبئر (١ ع ج ش) الواقع بمنطقة (٣) جنوب شرق مكة المكرمة وبلغت ٠.٠٠٢ مجم/لتر، ويظهر الشكل (٣) المتوسطات للعينة الأولى لعام ٢٠٠٦م للآبار داخل مكة المكرمة حسب الجهات، ويظهر أن المنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة هي الأعلى بين المناطق التي تقع داخل مكة المكرمة. وقد بلغت أعلى قيمة للمغنسيوم ١٦٨.٣٦ مجم/لتر للبئر(١ ن ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، واقل قيمة ٣.١٥ مجم/لتر للبئر(٦ ص ج غ) الواقع بالمنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، ويظهر الشكل (٣) المتوسطات للعينة الأولى لعام ٢٠٠٦م للآبار داخل مكة المكرمة حسب الجهات، ويتضح أن المنطقة (٣) جنوب شرق مكة المكرمة هي الأعلى بين المناطق الداخلية. أما الكالسيوم فسجل ٥٨٨.٥٦ مجم/لتر كأعلى قيمة وكانت للبئر(١ ف ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، في حين كانت اقل قيمة ١١.٥٥ مجم/لتر للبئر (٦ ص ج غ) بمنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، ويظهر الشكل (٣) بصفة عامة مدى تقارب متوسطات تركيز الكالسيوم للعينة الأولى لعام ٢٠٠٦م للآبار داخل مكة المكرمة حسب الجهات، مع ارتفاع بسيط للمنطقة (٣) جنوب شرق داخل مكة المكرمة. أما الصوديوم فسجلت أعلى قيمة ٣٩٩.٩ مجم/لتر للبئر(٥ أ ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، واقل قيمة كانت ١٨.٩ مجم/لتر للبئر(٥ م ج غ)الواقع في منطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، ويظهر الشكل (٣) المتوسطات للعينة الأولى لعام ٢٠٠٦م للآبار داخل مكة المكرمة حسب الجهات مع ارتفاع بسيط في متوسط تركيز المنطقة (٢) شمال غرب داخل مكة المكرمة. في المقابل سجل الحديد أعلى قيمة ٠.١٣٣ مجم/لتر للبئر (١ ف ش غ) في منطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة واقل قيمة لا يمكن قياسها في ثلاثة مناطق هي ٤،٣،٢ أي صفر. وبلغت أعلى قيمة للكلوريدات ٥٦١.٧٥ مجم/لتر في مياه بئر (١ س ج غ) بمنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، واقل قيمة ٢٨.٣٥ مجم/لتر لبئر (٥ م ج غ) في نفس المنطقة ويظهر الشكل (٣) المتوسطات للعينة الأولى لعام ٢٠٠٦م للآبار داخل مكة المكرمة حسب الجهات، ويتضح أن المنطقة (٣) جنوب شرق مكة المكرمة هي الأعلى بين المناطق التي تقع داخل مكة المكرمة. أما الكبريتات فسجلت أعلى قيمة ١٣١٦.٣ مجم/لتر للبئر (٥ ش ش ش) في منطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة. بالمقابل كانت اقل قيمة ٨.٤ مجم/لتر كانت لعينة للبئر (١ م ج غ) في منطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة ويظهر الشكل (٣) المتوسطات للعينة الأولى لعام ٢٠٠٦م للآبار داخل مكة المكرمة حسب الجهات مع ارتفاع كبير للمتوسط في المنطقة (١) شمال شرق داخل مكة المكرمة. أما النترات فكانت أعلى قيمة ٧٨٨.٢٥ مجم/لتر للبئر (٣ أ ش غ) في منطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة واقل قيمة ١٢.٦ مجم/لتر للبئر (١ م ج غ) بمنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة،

جدول ٢٠ . النتائج الكيميائية للمرحلة الأولى للآبار داخل مكة المكرمة الجزء الجنوبي الغربي

NO_3	NO_2	SO_4	Cl	Fe	Cu	Ca	Mg	K	Na	F	الرقم
12.6	0.006	8.4	36.75	0.021	0.06	16.8	6.3	1.05	18.9	1.03	١م ج غ
45.15	0.043	64.05	82.95	0.021	0.06	67.2	29.4	4.2	46.2	0.82	٢م ج غ
35.7	0.014	315	93.45	0.024	0.13	67.2	34.65	**34.14**	60	0.99	٣م ج غ
13.335	0.015	10.5	28.35	0.02	0.06	11.55	3.15	1.05	18.9	1.03	٥م ج غ
70.245	0.137	159.6	144.9	0.043	0.28	75.6	29.4	4.2	46.2	0.82	٦م ج غ
177.99	0.02	354.1	124.59	0.021	0.11	50.256	16.75	**34.7**	60	0.99	١ك ج غ
379.01	0.026	**575.85**	**415.66**	0.018	0.0225	201.02	39.18	8.11	73.9	0.78	٢ك ج غ
390.6	0.055	**987**	**561.75**	0.035	**3.72**	268.8	117.6	4.2	46.2	1.36	١س ج غ
294	0.048	**651**	**436.8**	0	**3.05**	235.2	93.45	**34.1**	60	0.8	٢س ج غ
201.6	0.048	**551.25**	**499.8**	0.115	**2.41**	181.6	93.45	8.11	73.9	0.69	٣س ج غ
317.1	0.162	**847.35**	**520.8**	0.039	0.0279	240.45	93.45	17.1	80.3	0.8	٤س ج غ
401.1	0.013	**1070**	**531.3**	0.0045	0.0386	252	117.6	10.9	90.3	0.82	٥س ج غ
420	1.209	**724.5**	**520.8**	0.095	0.0225	240.45	93.45	13.8	139.2	0.69	٦س ج غ
325.5	0.254	**999.6**	**534.45**	0.017	0.0403	252	117.6	12	60.1	1.15	٧س ج غ
78.75	0.236	133.35	82.95	0.018	0.09	39.9	13.65	2.1	51.45	1.43	١ص ج غ
133.35	1.302	149.1	93.45	0.016	0.09	46.2	16.8	1.05	65.1	1.19	٢ص ج غ
178.5	0.029	166.95	120.75	0.023	0.27	67.2	21	1.05	65.1	0.64	٣ص ج غ
102.69	1.302	126	103.95	0.001	0.09	50.4	16.8	1.05	53.55	0.64	٤ص ج غ
231	1.302	210	155.4	0.095	0.26	58.8	23.1	8.1	32.55	1.08	٥ص ج غ
462.74	0.042	27.51	30.45	0.001	0.06	11.55	3.15	8	32.55	1.08	٦ص ج غ

جدول ١٩ . النتائج الكيميائية للمرحلة الأولى للآبار داخل مكة المكرمة الجزء الشمالي الغربي

NO_3	NO_2	SO_4	Cl	Fe	Cu	Ca	Mg	K	Na	F	الرقم
183.75	0.023	315	186.9	0.041	0.4	84	**34**	0.45	72.4	0.42	٢ز ش غ
236.25	0.045	105	207.9	0.048	0.17	82	34.65	1.56	60.2	0.97	٣ز ش غ
73.5	0.017	143.85	103.95	0.028	0.08	50.4	21	1.01	59.2	1.01	٤ز ش غ
183.75	0.025	393.75	180.6	0.086	0.55	81	**36.5**	0.22	101.2	0.51	٥ز ش غ
131.25	0.023	332.85	124.95	0.021	0.12	50	23.1	0.29	74.1	1.03	٦ز ش غ
157.5	0.024	210	155.4	0.007	0.09	67.2	29.4	0.28	62.9	0.77	٧ز ش غ
210.2	0.128	395.4	208.1	0.014	**1.25**	100.9	**35.73**	7.9	121.5	0.5	١١ش غ
157.65	0.017	**503.43**	243.83	0.027	0.06	66	**34.68**	6.1	123.9	0.58	١٢ش غ
788.25	0.011	262.75	229.12	0.008	0.12	67	23.12	5.99	**380**	0.62	١٣ش غ
91.647	0.014	215.46	208.62	0.031	0.09	58.85	23.12	1.05	79.88	0.17	١٤ش غ
262.75	0.051	**525.5**	**510.79**	0.01	0.0321	**252.24**	**71**	7.22	**399.9**	0.45	١٥ش غ
315.3	0.028	**551.78**	**458.24**	0.082	0.0353	**201.79**	**93.53**	5.1	**233.9**	0.44	١٦ش غ
315.3	0.043	**656.88**	**406.74**	0.084	0.67	184.98	**81.97**	6.9	102	0.32	١٧ش غ
210.2	0.028	398.33	**280.62**	0.039	0.24	100.9	**40.98**	1.49	95	0.38	١٨ش غ
119.29	0.009	244.36	**264.85**	0.011	0.08	84.08	34.68	2.1	65.16	1.13	١٩ش غ
148.09	0.024	**493.97**	**290.08**	0.115	0.28	109.3	29.42	2.1	86.18	0.38	١١٠ش غ
262.75	0.009	**809.27**	**271.16**	0.054	0.11	92.48	**34.68**	2.11	127	0.66	١١١ش غ
210.2	0.042	**425.66**	239.63	0.045	0.14	66	29.42	1.66	114.9	0.5	١١٢ش غ
735.7	0.124	**1051**	145.98	0.133	0.0572	**588.56**	29.428	1.55	119.9	1.09	١ف ش غ
94.23	0.015	157.05	93.18	0	0.12	33.5	**168.36**	0.39	63.9	**1.89**	١ن ش غ

جدول ١٨ . النتائج الكيميائية للمرحلة الأولى للآبار داخل مكة المكرمة الجزء الشمالي الشرقي و الجنوبي الشرقي

نتائج الآبار داخل مكة جنوب شرق (٣)											
NO_3	**NO_2**	**SO_4**	**Cl**	**Fe**	**Cu**	**Ca**	**Mg**	**K**	**Na**	**F**	الرقم
261.75	1.037	**471.15**	**498.37**	0.022	**3.15**	**201.02**	**63.86**	2.33	111	1.1	١ب ج ش
94.23	0.048	120.41	144.49	0	0.11	71.196	35.59	1.98	89.9	0.9	٢ب ج ش
522.35	0.072	**714.68**	**417.25**	0.069	0.0475	187.79	**93.53**	0.002	79.88	**1.51**	١ع ج ش
141.89	0.098	**525.5**	**333.17**	0.011	0.0288	151.34	**70.41**	3.1	69.37	**2.15**	٢ع ج ش
254.34	0.055	**840.8**	**417.25**	0.006	**3.04**	168.16	**70.41**	3.1	69.37	0.87	٣ع ج ش
نتائج الآبار داخل مكة شمال شرق (١)											
NO_3	**NO_2**	**SO_4**	**Cl**	**Fe**	**Cu**	**Ca**	**Mg**	**K**	**Na**	**F**	الرقم
50.35	0.015	126	93.45	0.011	0.13	75.6	29.4	**70.1**	42.9	1.04	١غ ش ش
131.63	0.013	**512.81**	**511.76**	0.023	0.0319	**252.72**	29.6	10.9	170.9	**1.56**	١ش ش ش
170.59	0.013	342.23	187.43	0.03	0.11	50.544	23.166	3.45	70.1	1.04	٤ش ش ش
210.6	0.027	**1316.3**	146.26	0.079	**5.74**	106.53	**30.642**	2.29	78.9	1.13	٥ش ش ش

ويظهر الشكل (٣) المتوسطات للعينة الأولى لعام ٢٠٠٦م للآبار داخل مكة المكرمة حسب الجهات، مع ارتفاع للمتوسط في المنطقتين (٢) شمال غرب و(٣) جنوب شرق داخل مكة المكرمة، في حين سجل أعلى تركيز للنتريت ١.٣٠٢ مجم/لتر في مياه البئر (٢ ص ج غ) بمنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، واقل تركيز كان ٠.٠٠٦ مجم/لتر للبئر (١ م ج غ) في نفس المنطقة.

- خارج حدود مدينة مكة المكرمة

أظهرت النتائج الموضحة في الجداول(21،22،23،24) أن أعلى قيمة للفلورايد بلغت ٢.٣١ مجم/لتر وكانت للبئر(٣ش) الواقع في المنطقة (٥) شرق مكة، واقل قيمة كانت ٠.٠٣٨ مجم/لتر للبئر (٢٠غ) الواقع في المنطقة (٧) غرب مكة المكرمة، ويظهر الشكل (٣) المتوسطات للفلورايد للعينة الأولى لعام ٢٠٠٦م للآبار خارج مكة المكرمة حسب الجهات حيث يتضح تقارب المتوسطات. و سجل أعلى تركيز للنحاس ٦.٤٣ مجم/لتر للبئر (٣١ ش) الواقع في المنطقة (٦) شمال مكة المكرمة بزيادة ١٦٠مرة عن اقل قيمة والبالغة ٠.٠٤ مجم/لتر للبئر (٤٨ ش) الواقع في المنطقة (٥) شرق مكة المكرمة، ويظهر الشكل (٣) المتوسطات للعينة الأولى لعام ٢٠٠٦م للآبار خارج مكة حسب الجهات مع ارتفاع كبير للمتوسط في المنطقة (٨) جنوب خارج مكة المكرمة. وسجلت أعلى قيمة للبوتاسيوم ٩.٤٦ مجم/لتر للبئر(٣٠ ش) الواقع في منطقة (٥) شرق مكة المكرمة، واقل قيمة سجلت في نفس المنطقة وبلغت ٣.١٥ مجم/لتر بنسبة انخفاض بلغت ٥٦%عن المتوسط، ويظهر الشكل (٣) المتوسطات للعينة الأولى لعام ٢٠٠٦م للآبار خارج مكة حسب الجهات. وقد بلغت أعلى قيمة للمغنسيوم ٢٣٥.٤٢ مجم/لتر للبئر (١٦غ) في منطقة (٧) غرب مكة المكرمة وكانت اقل قيمة صفر مجم/لتر في نفس المنطقة، ويظهر الشكل (٣) المتوسطات للعينة الأولى لعام ٢٠٠٦م للآبار خارج مكة حسب الجهات مع ارتفاع كبير للمتوسط في المنطقة (٨) جنوب خارج مكة المكرمة. أما الصوديوم فبلغت أعلى قيمة ٧٩.٨٨مجم/لتر للبئر(٣٠ ش) الواقع في المنطقة (٥) شرق مكة المكرمة، وهو ١٥ ضعف اقل قيمة البالغة ٥.٢٦ مجم/لتر في نفس المنطقة. ويظهر الشكل (٣) متوسطات الصوديوم للعينة الأولى لعام ٢٠٠٦م للآبار خارج مكة حسب الجهات. أما الكالسيوم فسجل ٦٢٥.٣٤ مجم/لتر كأعلى قيمة وكانت للبئر(١٦غ) الواقع في منطقة (٧) غرب مكة المكرمة، في حين كانت اقل قيمة لتركيز الكالسيوم صفر مجم/لتر للبئر (١٧غ) في نفس المنطقة، ويظهر الشكل (٣) متوسطات الكالسيوم للعينة الأولى لعام ٢٠٠٦م للآبار خارج مكة حسب الجهات، مع ارتفاع للمتوسط في المنطقة (٧) غرب خارج مكة المكرمة.

جدول ٢٤. النتائج الكيميائية للمرحلة الأولى للآبار خارج مكة المكرمة (٦) شمال

NO_3	NO_2	SO_4	Cl	Fe	Cu	Ca	Mg	F	الرقم
315.9	0.022	381.1	**312.7**	0.02	3.41	143.2	**70.55**	0.75	٢٩شم
368.55	0.022	342.23	**291.68**	0.091	3.31	134.79	**80.03**	0.85	٣٠شم
263.25	0.438	**526.5**	**270.62**	0.108	6.43	160.06	**64.23**	0.57	٣١ شم
157.95	0.061	**579.15**	**418.04**	0.056	4.83	105.3	**60.02**	0.21	٣٢ شم
126.36	0.046	**473.85**	**522.28**	0.032	5.74	**320.11**	**93.72**	1.17	٣٣ شم
236.93	0.033	289.58	**375.92**	0.055	4.41	160.06	**64.23**	0.41	٣٤ شم
231.66	0.081	328.54	**386.45**	0.027	4.17	168.48	**70.55**	0.45	٣٥ شم
210.6	0.059	**552.83**	**772.9**	0.081	5.74	**459.11**	**176.91**	0.25	٣٦ شم
210.6	0.283	342.26	**354.86**	0.018	2.99	168.48	**64.23**	1.98	٣٧ شم
189.54	0.045	316.99	**386.45**	0.046	3.91	**484.38**	**70.55**	0.77	٣٨ شم
94.77	0.016	157.95	93.71	0.037	0.12	33.696	17.9	0.28	٣٩ شم
315.9	0.043	328.54	**386.45**	0.027	2.12	168.48	70.55	1.61	٤٠ شم
210.6	0.557	368.55	**407.51**	0.018	3.53	185.33	**82.13**	0.23	٤١ شم
66.34	0.016	126.37	104.24	0.0018	0.09	50.55	23.17	0.24	٤٢ شم
147.42	0.043	78.975	**375.92**	0.033	0.86	160.06	64.23	0.69	٤٣ شم
315.9	0.066	368.55	**418.04**	0.077	1.79	168.48	**70.55**	0.88	٤٤ شم
38.02	0.047	147.42	62.65	0.024	0.05	50.544	16.85	0.8	٤٥ شم
526.5	0.048	**494.91**	**459.1**	0.045	4.67	179.18	**93.72**	1.17	٧٠ شم
91.61	0.463	315.9	229.55	0.02	1.31	92.67	**41.07**	0.41	٧١ شم
64.24	0.014	157.95	114.77	0.018	0.17	92.66	29.48	0.45	٧٢ شم
55.81	0.049	210.6	104.24	0.012	0.14	92.67	29.49	0.25	٧٣ شم
54.76	0.351	**552.86**	**647.59**	0.046	5.74	**320.11**	**141.1**	1.98	٧٤ شم
53.71	0.245	83.187	104.24	0.014	0.1	67.39	23.17	0.77	٧٥ شم
72.66	1.116	368.55	145.31	0.035	2.61	151.63	58.97	0.28	٨١ شم

جدول ٢١. النتائج الكيميائية للمرحلة الأولى للآبار خارج مكة المكرمة (٥) شرق (I)

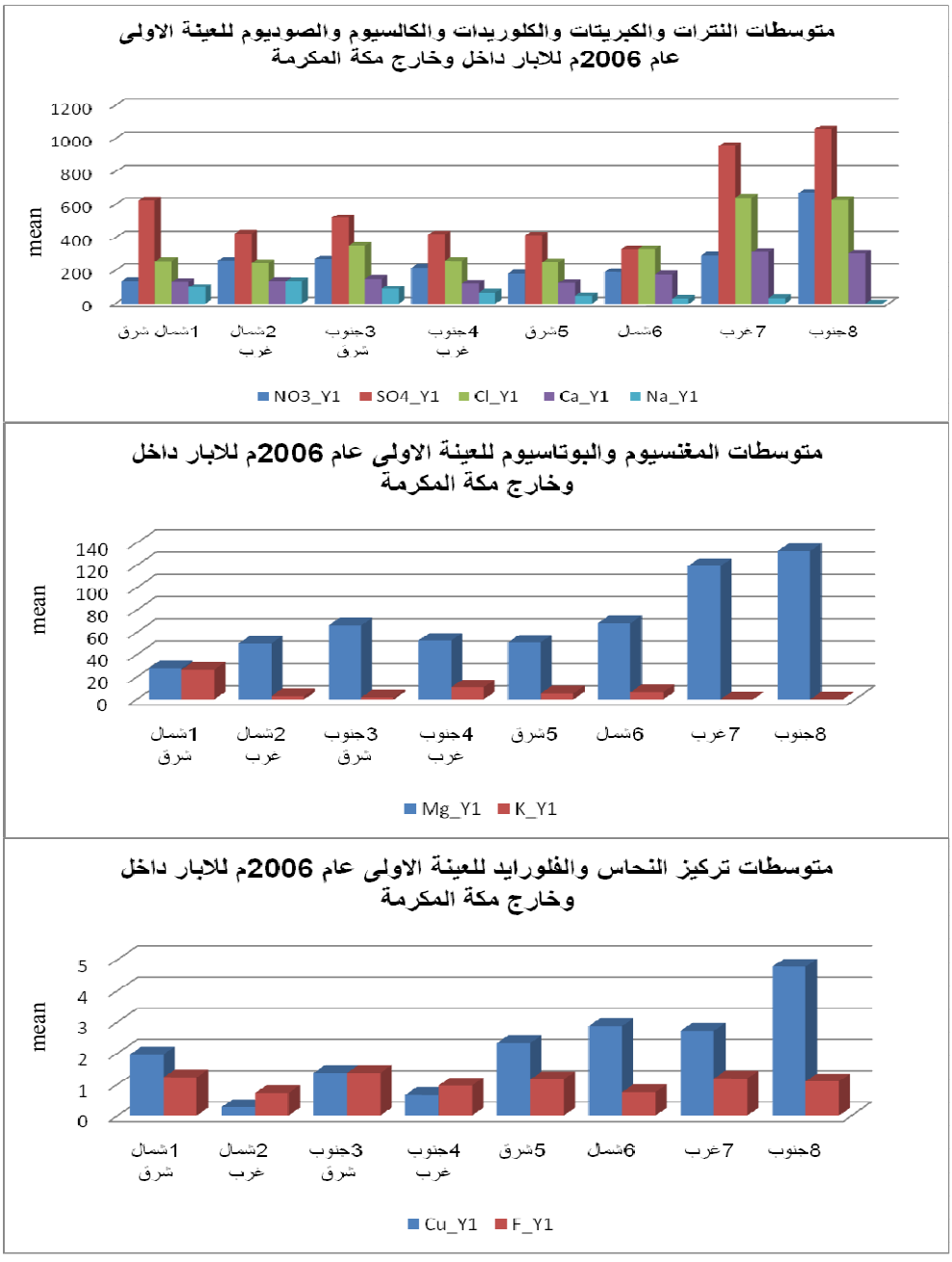
NO_3	NO_2	SO_4	Cl	Fe	Cu	Ca	Mg	K	Na	F	الرقم
75.146	0.1283	**441.42**	145.03	0.041	**1.46**	92.49	40.99	4.92	57.81	**2.31**	٣ش
75.461	0.1283	315.3	104.04	0.043	**1.66**	50.45	23.12	5.26	49.4	1.27	٤ش
84.92	0.3815	**422.5**	208.09	0.036	**2.28**	117.71	46.25	4.92	54.65	1.48	٥ش
98.794	0.027	**525.5**	196.53	0.049	**2.18**	100.89	46.24	5.26	51.5	0.96	٦ش
93.539	0.015	**504.48**	187.07	0.049	**2.04**	100.89	46.25	4.11	50.45	1.3	٨ش
73.78	0.015	**462.44**	208.09	0.044	**2.15**	117.71	46.24	4.54	53.6	1.26	٩ش
79.876	0.447	**567.54**	**250.18**	0.084	**2.42**	134.52	70.42	4.73	58.86	1.35	١٠ش
57.805	0.014	**441.42**	**250.13**	0.027	**2.49**	134.52	58.86	6.23	44.14	1.62	١١ش
31.217	0.115	304.79	104.09	0.044	0.26	58.856	23.12	4.11	32.58	1.38	١٣ش
69.572	0.737	390.4	166.05	0.181	**1.85**	100.86	34.68	4.54	42.04	1.39	١٤ش
80.927	1.189	83.44	166.08	0.02	**1.78**	100.86	34.68	4.73	42.04	1.57	١٥ش
89.017	0.041	**430.91**	187.08	0.001	**2.56**	100.86	46.24	4.92	43.09	0.78	١٦ش
129.23	0.029	97.215	187.08	0.085	**2.38**	134.58	44.14	5.26	42.04	0.462	١٧ش
78.825	0.0719	**430.91**	**250.13**	0.098	**2.65**	117.71	46.24	4.92	55.7	**1.86**	٢٠ش
149.87	0.014	241.73	**250.18**	0.059	**1.52**	151.34	34.68	5.26	43.09	**1.79**	٢١ش
252.24	0.33	320.55	**258.56**	0.097	**2.65**	183.96	52.55	4.92	42.04	**1.71**	٢٣ش
241.73	0.249	291.17	208.08	0.054	**2.34**	117.72	40.99	5.26	42.04	1.55	٢٤ش

جدول ٢٢. النتائج الكيميائية للمرحلة الأولى للآبار خارج مكة المكرمة (٥) شرق (II)

NO_3	NO_2	SO_4	Cl	Fe	Cu	Ca	Mg	Na	F	الرقم
173.45	0.0971	138.72	150.23	0	0.37	42.04	16.81	5.26	**2.028**	٢٦ش
522.34	0.7214	**696.28**	**417.24**	0.069	**4.74**	**201.79**	93.53	79.88	1.513	٣٠ش
191.22	0.0569	**551.75**	**458.26**	0.128	**5.11**	**201.72**	93.53	9.46	0.935	٣٢ش
201.72	0.0806	**867.05**	**406.77**	0.122	**4.53**	184.97	81.97	4.2	0.693	٣٣ش
99.529	0.0492	**550.19**	**417.24**	0.072	**3**	187.07	64.11	5.26	1.008	٣٤ش
147.14	0.5563	**551.77**	**291.12**	0.018	0.34	151.34	58.85	5.26	0.903	٣٦ش
43.091	0.0357	78.089	62.09	0.013	0.14	50.448	16.81	35.73	0.536	٣٧ش
80.296	0.1852	68.315	163.95	0.014	0.91	117.71	34.68	40.99	0.51	٤٠ش
67.053	0.0138	162.9	125.06	0.02	0.131	75.672	29.42	42.04	0.51	٤١ش
493.97	0.0357	**656.87**	**406.73**	0.02	**3.47**	168.16	29.42	3.15	0.746	٤٢ش
443.52	0.0308	**656.87**	**375.2**	**0.303**	**4.01**	159.75	64.11	6.31	0.409	٤٣ش
341.57	0.0357	**578.05**	**375.2**	0.13	**3.53**	159.75	64.11	5.26	0.599	٤٤ش
420.4	0.009	**485.56**	**291.12**	0.065	**3.63**	134.52	81.97	3.15	0.546	٤٥ش
315.3	0.2115	315.3	**375.2**	0.014	**3.71**	165	64.11	6.31	0.882	٤٦ش
262.75	0.0287	**420.4**	**280.61**	0.073	**3.72**	146.08	70.41	5.26	0.683	٤٧ش
262.75	0.1591	**472.95**	**312.14**	0.065	0.04	142.93	70.41	3.15	0.872	٤٨ش

جدول ٢٣. النتائج الكيميائية للمرحلة الأولى للآبار خارج مكة المكرمة (٧) غرب (٨) جنوب

نتائج الآبار خارج مكة غرب (٧)									
NO3	**NO2**	**SO4**	**Cl**	**Fe**	**Cu**	**Ca**	**Mg**	**F**	الرقم
420.4	0.0721	**998.45**	**1042.59**	0.035	**3.62**	**625.34**	**235.42**	**1.902**	١٦غ
367.85	0.1522	**775.11**	**724.139**	0.031	**1.91**	168.16	**81.97**	**1.828**	١٧غ
315.3	0.2323	**551.77**	**391.73**	0.027	0.2	168.16	**81.97**	**1.755**	١٨غ
420.4	0.0513	**919.62**	**771.43**	0.027	**4.49**	**594.86**	**163.95**	0.038	٢٠غ
315.3	0.0482	**1471.4**	**1002.65**	0.141	**5.72**	**470.84**	**235.42**	**1.933**	٢١غ
40.4	0.0156	**903.86**	72.51	0.011	0.07	11.561	3.15	0.105	٢٢غ
نتائج الآبار خارج مكة جنوب (٨)									
NO3	**NO2**	**SO4**	**Cl**	**Fe**	**Cu**	**Ca**	**Mg**	**F**	الرقم
392.63	0.065	**942.3**	**405.19**	0.08	**3.81**	184.27	**81.67**	0.82	١ج
628.2	0.049	**1361.1**	**831.32**	0.06	**5.55**	**418.8**	**175.9**	**2.05**	٢ج
1649	0.185	**1151.7**	**726.62**	0.09	**5.18**	**351.79**	**163.33**	0.27	٣ج
680.55	0.098	**942.3**	**831.32**	0.19	**5.19**	**418.8**	**175.9**	0.54	٤ج
366.45	0.152	**732.9**	**405.19**	0.03	**3.62**	184.27	**81.66**	1.53	٥ج
314.1	0.11	**1200.9**	**560.14**	0.04	**5.28**	**268.03**	**117.26**	1.35	٦ج



الشكل 3. متوسطات الاختبارات الكيميائية للآبار داخل وخارج مكة المكرمة

في المقابل سجل الحديد أعلى قيمة ٠.٣٠٣ مجم/لتر للبئر(٤٣ش) الواقع بالمنطقة (٥) شرق مكة المكرمة واقل قيمة صفر أي لا يمكن قياسها في ثلاثة مناطق هي (٥) شرق، (٦) شمال، (٧)غرب. في حين بلغت أعلى قيمة للكلوريدات ١٠٤٢.٥٩ مجم/لتر للبئر(١٦غ) الواقع في المنطقة (٧) غرب مكة المكرمة، واقل قيمة ٦٢.٠٩ مجم/لتر للبئر (٣٧ش) الواقع في المنطقة (٥) شرق مكة المكرمة، ويظهر الشكل (٣) المتوسطات للكلوريدات للعينة الأولى لعام ٢٠٠٦م للآبار خارج مكة حسب الجهات مع ارتفاع للمتوسط في المنطقة (٧) غرب خارج مكة المكرمة. أما الكبريتات فسجلت أعلى قيمة ١٤٧١.٤ مجم/لتر للبئر (٢١غ) الواقع في المنطقة (٧) غرب مكة المكرمة وهو ما يمثل أكثر من ٢١ ضعف اقل قيمة البالغة ٦٨.٣١٥ مجم/لتر و التي كانت للبئر(٣٧ش) في منطقة (٥) شرق مكة المكرمة، ويلاحظ أن المتوسط البالغ ٤٩١.٦٥ مجم/لتر قريب من متوسط الكبريتات داخل آبار مكة المكرمة البالغ ٤٤٣.٤٧ مجم/لتر، ويظهر الشكل (٣) متوسطات الكبريتات للعينة الأولى لعام ٢٠٠٦م للآبار خارج مكة حسب الجهات مع ارتفاع للمتوسط في المنطقة (٨) جنوب خارج مكة المكرمة. أما النترات فكانت أعلى قيمة ١٦٧٥.٢ مجم/لتر للبئر (٤ ج) الواقع بمنطقة (٨) جنوب مكة المكرمة، واقل قيمة ٣١.٢١ مجم/لتر للبئر(١٣ش) الواقع في المنطقة (٥) شرق مكة المكرمة، ويظهر الشكل (٣) متوسطات النترات للعينة الأولى لعام ٢٠٠٦م للآبار خارج مكة حسب الجهات مع ارتفاع للمتوسط في المنطقة (٨) جنوب خارج مكة المكرمة، في حين سجل أعلى تركيز للنتريت ١.١٨٩ مجم/لتر للبئر (١٥ش) الواقع في المنطقة (٥) شرق مكة المكرمة، واقل تركيز كان صفر مجم/لتر في كل من المنطقتين (٥) شرق و (٦) شمال مكة المكرمة، و يلاحظ أن المتوسط البالغ ٠.١٧٧٧ مجم/لتر قريب من المتوسط للمناطق داخل مكة المكرمة البالغ ٠.١٨٩ مجم/لتر.

3-1-5الإختبارات الميكريبولوجية للمرحله الأولى

تم الكشف عن ستة مؤشرات لتقييم جودة مياه الآبار في المرحلة الأولى هي: اختبار العدد الأكثر احتمالا لتحديد مدى صلاحية الآبار ميكروبيا، الكشف عن مجموعة القولون وبكتيريا *E.coli*، الكشف عن الكوليرا والسلمونيلا، والكشف عن الفطريات لجميع الآبار داخل وخارج حدود الحرم لمدينة مكة المكرمة كما يتضح من الجداول (٢٥،٢٦،٢٧،٢٨،٢٩) الخاصة بالنتائج.

- داخل حدود مدينة مكة المكرمة

كما يتضح من الجداول (25،26) فان جميع الآبار في المناطق (١،٢،٣،٤) داخل حدود الحرم لمدينة مكة المكرمة كانت أيجابية لمجموعة القولون وثماني وعشرون بئرا كانت ايجابية لميكروب الايشيريشيا كولأي *E.coli* وكانت جميع الآبار سلبية لميكروب السلمونيلا والكوليرا، وكانت

ثماني آبار ايجابية لوجود الفطريات. وقد بلغ عدد الآبار الغير صالحة بكتريولوجيا لتجاوز العدد الأكثر احتمالا الحدود المسموح بها حسب المواصفات السعودية سبعة عشر بئر، حيث بلغت النسب حسب المناطق داخل مكة المكرمة القيم التالية: كانت أعلى نسبة في المنطقة (٣) جنوب شرق حيث كانت ٦٠% من الآبار غير صالحة في حين جاءت في المرتبة الثانية المنطقة (٢) شمال غرب بنسبة ٥٠% وبلغت المنطقة (١) شمال شرق والمنطقة (٤) جنوب غرب ٢٥%، ١٥%على التوالي. وجاءت المنطقة (٣) جنوب شرق و (٢) شمال غرب مكة المكرمة أيضا في الترتيب الأول و الثاني من حيث زيادة تلوث الآبار بالفطريات. أما فيما يخص نسب وجود ميكروب الايشيريشيا كولأي *E.coli* فكانت المنطقة (١) شمال شرق الأولى بنسبة ١٠٠%، (٢) شمال غرب ٧٠%، (٣) جنوب شرق ٦٠%، وأخيرا المنطقة (٤) جنوب غرب بنسبة ٣٥%. وبصفة عامة بلغت نسبة الآبار الغير صالحة ميكروبيولوجيا داخل مكة المكرمة ٦٣%.

- خارج حدود مدينة مكة المكرمة

كما يتضح من الجداول (٢٩،٢٨،٢٧) فان جميع الآبار في المناطق (٨،٧،٦،٥) خارج حدود الحرم لمدينة مكة المكرمة كانت ايجابية لمجموعة القولون واثنان وخمسون بئرا كانت ايجابية لميكروب الايشيريشيا كولأي *E.coli* وكانت جميع الآبار سلبية لميكروب السلمونيلا والكوليرا، وكانت تسعة وعشرون بئرا ايجابية لوجود الفطريات. وقد بلغ عدد الآبار الغير صالحة بكتيريولوجيا وذلك لتجاوز العدد الأكثر احتمالا الحدود المسموح بها حسب المواصفات السعودية واحد وأربعون بئر، حيث بلغت النسب حسب المناطق خارج مكة المكرمة القيم التالية: كانت أعلى نسبة في المنطقة (٦) شمال حيث بلغت 79.1 % من الآبار غير صالحة في حين جاءت في المرتبة الثانية المنطقة (٨) جنوب بنسبة ٦٦.٦% وبلغت المنطقة (٥) شرق والمنطقة (٧) غرب ٥١.٥ % و ١٦.٦% على التوالي. وهذا الترتيب يفسر مدى التلوث الذي تسببه الأنشطة السكانية على المياه الجوفية حيث تعتبر الجهة الشمالية خارج حدود الحرم من أكثر الجهات امتداد للأحياء السكانية مثل العمرة، البحيرات، النورية و ابو مراغ. من جهة أخرى فان نفس المنطقة كانت ذات محتوى عالي من الفطريات. وجاءت المنطقة (6) شرق مكة المكرمة في الترتيب الثاني من حيث زيادة نسبة التلوث بالفطريات.

أما فيما يخص نسب وجود ميكروب *E.coli* فكان ترتيب المناطق كالتالي:(٦) شمال شرق ٨٣.٣%، (٥) شرق ٧٢.٧%، والمنطقتان (٨) جنوب و (٧)غرب بنسبة متماثلة ٦٦.٦%. وبصفة عامة فان الجدول (٣٠) يوضح مدى تأثير الأنشطة السكانية على جودة المياه الجوفية إذا اعتبرت المناطق (٥) و(٦) شمال وشرق مكة المكرمة بمثابة المناطق التي تستقبل المياه القادم

من السيول المنحدرة من المرتفعات الغربيـة مثل جبل الكر، وبالتـالي تكون مؤشرات الجـودة و نسب

جدول ٢٦. النتائج الميكروبيولوجيه للمرحلة الأولى للآبار داخل مكة المكرمة الجزء الشمال الغربي و الجنوب الغربي

نتائج الآبار داخل مكة جنوب غرب (٤)						
الرقم	**MPN**	***E.coli***	***Coliform***	***Salmonella***	***Cholera***	**Fungi**
١م ج غ	2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٢م ج غ	5	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٣م ج غ	2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٥م ج غ	2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٦م ج غ	2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
١ك ج غ	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٢ك ج غ	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
١س ج غ	2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٢س ج غ	2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٣س ج غ	2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٤س ج غ	2	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٥س ج غ	5	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٦س ج غ	9	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٧س ج غ	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
١ص ج غ	2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٢ص ج غ	2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٣ص ج غ	2.2	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**
٤ص ج غ	2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٥ص ج غ	2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**
٦ص ج غ	2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي

نتائج الآبار داخل مكة شمال غرب (٢)						
الرقم	**MPN**	***E.coli***	***Coliform***	***Salmonella***	***Cholera***	**Fungi**
٢ز ش غ	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٣ز ش غ	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٤ز ش غ	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٥ز ش غ	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٦ز ش غ	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٧ز ش غ	2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
١١ ش غ	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**
١٢ ش غ	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
١٣ ش غ	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
١٤ ش غ	2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
١٥ ش غ	9	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
١٦ ش غ	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
١٧ ش غ	9	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
١٨ ش غ	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**
١٩ ش غ	2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
١١٠ ش غ	2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
١١١ ش غ	2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
١١٢ ش غ	2	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**
١ف ش غ	5	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
١ن ش غ	9	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**

جدول ٢٥ . النتائج الميكروبيولوجيه للمرحلة الأولى للآبار داخل مكة المكرمة الجزء الشمالي الشرقي و الجنوبي الشرقي

نتائج الآبار داخل مكة جنوب شرق (٣)						
الرقم	**MPN**	***E.coli***	***Coliform***	***Salmonella***	***Cholera***	**Fungi**
١ب ج ش	2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**
٢ب ج ش	2	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
١ع ج ش	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**
٢ع ج ش	**16**	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٣ع ج ش	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي

نتائج الآبار مكة الحرم شمال شرق (١)						
الرقم	**MPN**	***E.coli***	***Coliform***	***Salmonella***	***Cholera***	**Fungi**
١غ ش ش	9	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
١ش ش ش	9	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٤ش ش ش	9	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٥ش ش ش	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي

جدول ٢٨. النتائج الميكروبيولوجيه للمرحلة الأولى للآبار خارج مكة المكرمة (٦) شمال

نتائج الآبار خارج مكة شمال							تابع نتائج الآبار خارج مكة شمال						
الرقم	MPN	*E.coli*	Coliform	*Salmonella*	*Cholera*	Fungi	الرقم	MPN	*E.coli*	Coliform	*Salmonella*	*Cholera*	Fungi
٢٩شم	5	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**	٤١ شم	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٣٠شم	2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي	٤٢ شم	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**
٣١ شم	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي	٤٣ شم	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٣٢ شم	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**	٤٤ شم	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**
٣٣ شم	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**	٤٥ شم	2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**
٣٤ شم	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**	٧٠ شم	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٣٥ شم	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**	٧١ شم	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٣٦ شم	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**	٧٢ شم	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٣٧ شم	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**	٧٣ شم	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٣٨ شم	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**	٧٤ شم	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٣٩ شم	9	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**	٧٥ شم	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٤٠ شم	9	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي	٨١ شم	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي

جدول ٢٩. النتائج الميكروبيولوجيه للمرحلة الأولى للآبار خارج مكة المكرمة (٧) غرب (٨) جنوب

نتائج الآبار خارج مكة جنوب (٨)						
الرقم	MPN	*E.coli*	Coliform	*Salmonella*	*Cholera*	Fungi
١ج	9	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**
٢ج	2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٣ج	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٤ج	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٥ج	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٦ج	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي

نتائج الآبار خارج مكة غرب (٧)						
الرقم	MPN	*E.coli*	Coliform	*Salmonella*	*Cholera*	Fungi
١٦غ	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
١٧غ	0	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
١٨غ	2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٢٠غ	5	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٢١غ	9	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٢٢غ	2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي

جدول ٢٧. النتائج الميكروبيولوجيه للمرحلة الأولى للآبار خارج مكة المكرمة (٥) شرق

نتائج الآبار خارج مكة شرق						
الرقم	MPN	*E.coli*	Coliform	*Salmonella*	*Cholera*	Fungi
٣ش	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٤ش	2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**
٥ش	5	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**
٦ش	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**
٨ش	2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٩ش	2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
١٠ش	2.2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**
١١ش	2.2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
١٣ش	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
١٤ش	9	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
١٥ش	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
١٦ش	5	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**
١٧ش	2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**
٢٠ش	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٢١ش	2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٢٣ش	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٢٤ش	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي

تابع نتائج الآبار خارج مكة شرق						
الرقم	MPN	*E.coli*	Coliform	*Salmonella*	*Cholera*	Fungi
٢٦ش	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٣٠ش	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**
٣٢ش	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**
٣٣ش	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**
٣٤ش	5	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٣٦ش	2	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**
٣٧ش	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٤٠ش	5	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**
٤١ش	2.2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**
٤٢ش	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**
٤٣ش	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**
٤٤ش	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٤٥ش	9	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**
٤٦ش	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**
٤٧ش	**16**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي
٤٨ش	9	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي

التلوث في اقل حالاتها وتزداد نسبة التلوث كلما اتجهنا نحو الغرب مرورا بمدينة مكة المكرمة وخروجا باتجاه الجنوب والغرب لتصل إلي مصابها في البحر الأحمر، مما يعزز النظرية القائلة بتأثير الأنشطة الحضرية على المياه الجوفية خصوصا لو كانت شبكة الصرف الصحي لا تتجاوز ٦٠% من مدينة مكة.

6-1-3 التحليل الإحصائي للمرحلة الأولى

تم حساب الإحصاءات الوصفية أولا حسب ما هو موضح في الجداول (٣١،٣٢،٣٤،٣٣،٣٥) بواسطة برنامج SPSS و يتضح أسماء المتغيرات والمناطق وعدد الآبار بكل منطقة والمتوسط الحسابي والانحراف المعياري، و تحديد أعلى واقل قيمة للمتغيرات في كل منطقة. بعدها تم اختبار الفرضية القائلة أن المياه الجوفية القادم من المرتفعات الغربية تكون أكثر نقاء عند نزولها أثناء الأمطار خصوصا إذ ا كانت هذه المياه الجوفية غير عميقة، وتمر كلما اتجهنا نحو المدينة (مكة المكرمة) حيث الأنشطة السكانية والتلوث بالمخلفات الحيوية التي تؤثر علي جودة المياه الجوفية ويزداد التلوث بعد خروجها من حدود المدينة. خصوصا أن وادي إبراهيم، وادي عرنة و وادي النعمان تعتبر من أهم مصادر المياه الجوفية التي تمر من تحت مدينة مكة، حيث ينبع حوض وادي إبراهيم من شمال شرق مكة وينحدر إلي الجنوب الغربي مارا حول الحرم المكي الشريف وينعطف جنوبا إلي المسفلة إلي أن يلتقي مع وادي النعمان، ويعتبر الاختلاف في الارتفاع عن سطح البحر السبب في انحدار المياه الجوفية من الشمال الشرقي إلي الجنوب الغربي (الدخيل وآخرون، ١٩٩٧). أما حوض وادي عرنة فيحيط بحوض وادي إبراهيم من الناحية الشمالية الشرقية إلي الجنوبية الشرقية، حيث ينبع من جهة السيل الذي يقع جنوب الجعرانة ويشمل الشرائع ثم يتجه جنوبا إلي عرفات حتى يلتقي بوادي النعمان في منطقة العابدية (ألحارثي و آخرون، ٢٠٠٢). ويعتبر حوض وادي عرنة اكبر في الحجم من حوض وادي إبراهيم واصغر من حوض وادي النعمان الذي ينبع من أسفل المرتفعات الجنوبية عند مدينة الطائف ويلتقي بوادي عرنة إلي أن يصب في البحر الأحمر(الدخيل وآخرون ،١٩٩٧). وحسب التقسيم الذي اعتمد في هذه الدراسة يصبح لدينا أربعة مناطق داخل مكة المكرمة هي ٤،٣،٢،١ وأربعة خارجية 8،7،٦،٥ تحيط بمكة احاط السوار بالمعصم وعليه سوف نستخدم الطريقتين: الأولى من خلال وصف ظاهرة تجاوز مياه الآبار الحدود المسموح بها في المواصفات السعودية ومقارنة المناطق، حيث يوضح الجدول (٣٠) النسب المئوية للآبار التي تجاورت حدود المواصفات السعودية داخل مكة المكرمة و خارجها بالمرحلة الأولى، على اعتبار أن المنطقتين (٥) شرق و(٦) شمال هي التي تستقبل المياه من الكر والسيل في اتجاه الطائف، حيث تسقط المياه من

المرتفعات الغربية ثم تمر بالمناطق داخل مكة المكرمة وتخرج إلي المنطقتين (٧)غرب و (٨) جنوب خارج مكة المكرمة باتجاه البحر الأحمر، ويلاحظ أن اغلب النسب المئوية للآبار التي تجاوزت حدود المواصفات السعودية لمؤشرات الجودة للمياه تزداد كلما اتجهنا من الشرق والشمال باتجاه مكة المكرمة و أخير مرورا بمنطقة الجنوب والغرب خارج حدود مكة المكرمة، مثل الطعم، الأملاح الكلية الذائبة، المغنسيوم، الكالسيوم، النحاس، الكلوريدات، الكبريتات و العسر الكلي. والطريقة الثانية باستخدام التحليل التباين الأحادي One Way ANOVA حيث أن لكل عينة مياه متغيرين الأول يسمى المتغير العامل Factor وهو المنطقة الموجود بها البئر، والثاني المتغير المستقل Independent Variable ويتمثل في عناصر الجودة المختلفة المشمولة بالدراسة، فإذ كانت قيمة F اقل من ٠.٠٥ فان متوسطات المتغير للمناطق غير متساوية، وهي تشير إلى وجود فروق بين المناطق لصالح منطقة دون أخرى، وذلك إذ ا كان هذا الفرق معنويا عند مستوى ٠.٠٥، ولتحديد تلك المنطقة التي بها فرق عن المناطق الأخرى تستخدم المقارنات البعدية Post Hoc، باستخدام اختبار S-N-K، Tukey و اختبار Dunnet,c C الذي لا يشترط التجانس. وتشير الجداول (٣٧،٣٦) إلي نتائج تحليل التباين الأحادي One Way ANOVA بين المناطق ذات الفروق المعنوية، مع ملاحظة إشارة النجمة الموجودة في عمود الفروق Mean Difference (I-J) حيث يظهر أن هذا الفرق دال إحصائيا Significance على
مستوى أقل من ٠.٠٥ = α كما تشير النجمة. و يتضح أن المنطقتين (٧) غرب (٨) جنوب خارج حدود مكة المكرمة هي ذات المتوسطات الغير متساوية الأكثر وذات فرق معنوي، مما يعزز إثبات الفرضية القائلة بان المياه الجوفية القادم من المرتفعات الغربية تكون أكثر نقاء بعد الأمطار، وكلما اتجهنا نحو مدينة مكة المكرمة تزداد الأنشطة السكانية وتزداد فرص التلوث بالمخلفات الحيوية، وتقل جودة المياه الجوفية ويزداد التلوث بعد خروج المياه الجوفية من حدود مكة المكرمة، خصوصا أن المياه الجوفية في هذه المناطق غير عميقة.

جدول 30. نسبة الآبار التي تجاورت حدود المواصفات السعودية داخل مكة و خارجها بالمرحلة الأولى

عناصر الجودة	النسبة المئوية للآبار قبل مكة المكرمة %		النسبة المئوية للآبار داخل مكة المكرمة				النسبة المئوية للآبار بعد مكة المكرمة %	
	شمال	شرق	شمال شرق	جنوب شرق	جنوب غرب	شمال غرب	جنوب	غرب
العكاره	0	0	0	0	0	0	0	0
اللون	0	0	**25**	0	0	0	0	0
الطعم	**50**	**27.7**	**25**	**40**	**35**	0	**100**	**83.3**
الرائحة	0	0	0	0	0	0	0	0
pH	0	0	0	0	0	0	0	0
T.D.S	**54.1**	**12.1**	**50**	**60**	**40**	**15**	**100**	**100**
Cond.	0	0	0	0	0	0	0	0
MPN	**79.1**	**51.5**	**25**	**60**	**15**	**50**	**66.6**	**16.6**
E.coli	**83.3**	**72.7**	**100**	**60**	**35**	**70**	**66.6**	**66.6**
سلمونيلا	0	0	0	0	0	0	0	0
كوليرا	0	0	0	0	0	0	0	0
فطريات	**50**	**48.4**	0	**40**	**10**	**20**	**16.6**	0
Coliform	100	100	100	100	100	100	100	100
F	**80.3**	**27.3**	**25**	**40**	0	0	0	**66.6**
Na	0	0	0	0	0	**15**	0	0
K	0	0	**25**	0	0	0	0	0
Mg	4.1	0	**25**	0	0	**10**	50	**16.6**
Ca	**16.6**	0	**50**	**20**	**35**	**15**	**66.6**	**50**
Cu	**62.5**	**63.6**	**50**	**80**	**40**	**20**	**100**	**50**
Fe	0	0	0	0	0	0	0	0
Cl	**66.6**	**51.5**	**50**	**80**	**40**	**40**	**100**	**83.3**
SO4	0	**60.6**	**25**	**80**	**30**	**40**	**100**	**100**
NO2	**12.5**	**12.1**	0	0	0	0	0	0
NO3	**100**	**96.9**	**100**	**100**	**85**	**100**	**100**	**83.3**
T. H.	**66.6**	**39.4**	**50**	**80**	**40**	**15**	**100**	**66.6**

الجدول31: الإحصاءات الوصفية 1 لعناصر الجودة للمناطق داخل وخارج مكة المكرمة باستخدامSPSS

Variable	Region	N	Mean	Std. Deviation	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
MPN	1.00	4	10.7500	3.50000	5.1807	16.3193	9.00	16.00
MPN	2.00	20	10.2000	6.37099	7.2183	13.1817	2.00	16.00
MPN	3.00	5	10.4000	7.66812	0.8788	19.9212	2.00	16.00
MPN	4.00	20	4.7600	5.14366	2.3527	7.1673	2.00	16.00
MPN	5.00	33	10.2303	6.32399	7.9879	12.4727	2.00	16.00
MPN	6.00	24	13.7917	4.63427	11.8348	15.7485	2.00	16.00
MPN	7.00	6	5.6667	5.95539	-0.5831	11.9165	0.00	16.00
MPN	8.00	6	12.5000	5.85662	6.3539	18.6461	2.00	16.00
	Total	118	9.9305	6.35004	8.7728	11.0882	0.00	16.00
Cond	1.00	4	1,776.5300	1,389.45912	-434.4095	3,987.4695	926.10	3,832.90
Cond	2.00	20	1,700.0330	628.56472	1,405.8557	1,994.2103	896.56	3,153.20
Cond	3.00	5	1,915.8580	925.21891	767.0470	3,064.6690	671.59	2,774.60
Cond	4.00	20	2,121.7125	1,285.47511	1,520.0916	2,723.3334	322.35	4,168.50
Cond	5.00	33	1,557.5426	639.95837	1,330.6232	1,784.4620	115.61	2,942.80
Cond	6.00	24	2,178.5086	1,174.88133	1,682.3997	2,674.6175	682.34	5,454.54
Cond	7.00	6	4,755.9502	2,744.86275	1,875.3934	7,636.5070	389.92	7,735.36
Cond	8.00	6	4,499.6567	1,226.58458	3,212.4351	5,786.8782	3,015.40	5,779.40
	Total	118	2,138.4498	1,397.56229	1,883.6532	2,393.2463	115.61	7,735.36
TDS	1.00	4	896.5675	701.27799	-219.3223	2,012.4573	448.35	1,937.50
TDS	2.00	20	867.6280	380.44699	689.5733	1,045.6827	466.20	1,912.80
TDS	3.00	5	1,097.7420	356.63566	654.9203	1,540.5637	606.21	1,392.50
TDS	4.00	20	1,058.4080	661.93921	748.6109	1,368.2051	143.85	2,121.00
TDS	5.00	33	818.2273	325.13166	702.9406	933.5139	341.60	1,629.10
TDS	6.00	24	1,131.9333	631.45921	865.2915	1,398.5752	321.10	2,853.60
TDS	7.00	6	2,505.5333	1,469.19194	963.7109	4,047.3557	182.80	4,035.80
TDS	8.00	6	2,326.0833	663.35155	1,629.9386	3,022.2281	1,518.20	3,015.40
	Total	118	1,108.0788	736.09985	973.8768	1,242.2808	143.85	4,035.80
pH	1.00	4	7.3975	0.41291	6.7405	8.0545	6.87	7.76
pH	2.00	20	7.8125	0.41869	7.6165	8.0085	6.62	8.23
pH	3.00	5	7.5900	0.53535	6.9253	8.2547	7.04	8.20
pH	4.00	20	7.8425	0.23094	7.7344	7.9506	7.40	8.21
pH	5.00	33	7.9164	0.20135	7.8450	7.9878	7.09	8.25
pH	6.00	24	7.9688	0.20324	7.8829	8.0546	7.60	8.31
pH	7.00	6	7.8267	0.35314	7.4561	8.1973	7.36	8.44
pH	8.00	6	7.6250	0.18075	7.4353	7.8147	7.34	7.91
	Total	118	7.8461	0.30678	7.7902	7.9020	6.62	8.44
Turbidity	1.00	4	0.3375	0.17858	0.0533	0.6217	0.18	0.58
Turbidity	2.00	20	0.2890	0.06240	0.2598	0.3182	0.19	0.39
Turbidity	3.00	5	0.3940	0.03209	0.3542	0.4338	0.37	0.45
Turbidity	4.00	20	0.3010	0.12367	0.2431	0.3589	0.11	0.68
Turbidity	5.00	33	0.3679	0.14521	0.3164	0.4194	0.11	0.78
Turbidity	6.00	24	0.3188	0.11023	0.2722	0.3653	0.19	0.67
Turbidity	7.00	6	0.3183	0.08635	0.2277	0.4090	0.24	0.45
Turbidity	8.00	6	0.3183	0.11268	0.2001	0.4366	0.14	0.49
	Total	118	0.3282	0.11847	0.3066	0.3498	0.11	0.78

الجدول32: الإحصاءات الوصفية 2 لعناصر الجودة للمناطق داخل وخارج مكة المكرمة باستخدام SPSS

Variable	Region	N	Mean	Std. Deviation	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
TH	1.00	4	310.7000	100.15737	151.3273	470.0727	231.66	456.00
TH	2.00	20	492.3450	530.21278	244.1978	740.4922	146.50	2,522.00
TH	3.00	5	636.5320	201.11425	386.8157	886.2483	305.72	840.80
TH	4.00	20	492.0930	398.77010	305.4628	678.7232	42.00	1,092.00
TH	5.00	33	501.8818	175.43782	439.6743	564.0894	168.60	840.80
TH	6.00	24	635.1775	335.79466	493.3838	776.9712	147.42	1,558.44
TH	7.00	6	833.7767	786.21346	8.6962	1,658.8571	42.04	2,017.90
TH	8.00	6	1,235.4600	430.16285	784.0318	1,686.8882	753.84	1,675.20
	Total	118	579.1186	413.46604	503.7376	654.4997	42.00	2,522.00
NO3	1.00	4	140.7925	68.37342	31.9951	249.5899	50.35	210.60
NO3	2.00	20	244.3779	190.11178	155.4028	333.3529	73.50	788.25
NO3	3.00	5	254.9120	165.95394	48.8530	460.9710	94.23	522.35
NO3	4.00	20	213.5480	150.29259	143.2089	283.8871	12.60	462.74
NO3	5.00	33	176.6075	137.70667	127.7789	225.4362	31.22	522.34
NO3	6.00	24	184.1492	123.51825	131.9920	236.3063	38.02	526.50
NO3	7.00	6	313.2750	141.70316	164.5667	461.9833	40.40	420.40
NO3	8.00	6	671.8217	501.20279	145.8416	1,197.8017	314.10	1,649.00
	Total	118	230.1225	205.81437	192.5995	267.6455	12.60	1,649.00
NO2	1.00	4	0.0170	0.00673	0.0063	0.0277	0.01	0.03
NO2	2.00	20	0.0350	0.03339	0.0194	0.0506	0.01	0.13
NO2	3.00	5	0.2620	0.43367	-0.2765	0.8005	0.05	1.04
NO2	4.00	20	0.3132	0.50079	0.0788	0.5475	0.01	1.30
NO2	5.00	33	0.1847	0.27086	0.0887	0.2808	0.00	1.19
NO2	6.00	24	0.1710	0.26015	0.0612	0.2809	0.00	1.12
NO2	7.00	6	0.0953	0.08130	0.0100	0.1806	0.02	0.23
NO2	8.00	6	0.1098	0.05153	0.0558	0.1639	0.05	0.19
	Total	118	0.1676	0.29902	0.1130	0.2221	0.00	1.30
SO4	1.00	4	574.3350	519.35036	-252.0673	1,400.7373	126.00	1,316.30
SO4	2.00	20	409.5645	235.20548	299.4849	519.6441	105.00	1,051.00
SO4	3.00	5	534.5080	274.70406	193.4179	875.5981	120.41	840.80
SO4	4.00	20	406.5555	362.57050	236.8673	576.2437	8.40	1,070.00
SO4	5.00	33	409.7812	194.39911	340.8503	478.7121	68.32	867.05
SO4	6.00	24	328.8893	151.71933	264.8238	392.9547	78.98	579.15
SO4	7.00	6	936.7017	305.08024	616.5396	1,256.8637	551.77	1,471.40
SO4	8.00	6	1,055.2000	225.16024	818.9088	1,291.4912	732.90	1,361.10
	Total	118	463.2187	310.62494	406.5872	519.8503	8.40	1,471.40
Cl	1.00	4	234.7250	188.65302	-65.4641	534.9141	93.45	511.76
Cl	2.00	20	240.5320	110.81325	188.6698	292.3942	93.18	510.79
Cl	3.00	5	362.1060	134.94778	194.5462	529.6658	144.49	498.37
Cl	4.00	20	255.9650	211.42542	157.0149	354.9151	28.35	561.75
Cl	5.00	33	249.5348	106.02361	211.9405	287.1292	62.09	458.26
Cl	6.00	24	322.7175	181.93696	245.8923	399.5427	62.65	772.90
Cl	7.00	6	667.5082	373.38710	275.6624	1,059.3539	72.51	1,042.59
Cl	8.00	6	626.6300	198.13443	418.7007	834.5593	405.19	831.32
	Total	118	308.6786	205.90696	271.1386	346.2185	28.35	1,042.59

الجدول33: الإحصاءات الوصفية 3 لعناصر الجودة للمناطق داخل وخارج مكة المكرمة باستخدامSPSS

Variable	Region	N	Mean	Std. Deviation	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Fe	1.00	4	0.0358	0.02988	-0.0118	0.0833	0.01	0.08
Fe	2.00	20	0.0442	0.03763	0.0266	0.0618	0.00	0.13
Fe	3.00	5	0.0216	0.02770	-0.0128	0.0560	0.00	0.07
Fe	4.00	20	0.0314	0.03263	0.0161	0.0466	0.00	0.12
Fe	5.00	33	0.0627	0.06122	0.0410	0.0844	0.00	0.30
Fe	6.00	24	0.0392	0.02710	0.0277	0.0506	0.00	0.11
Fe	7.00	6	0.0408	0.05082	-0.0125	0.0942	0.00	0.14
Fe	8.00	6	0.0817	0.05776	0.0210	0.1423	0.03	0.19
	Total	118	0.0467	0.04577	0.0383	0.0550	0.00	0.30
Cu	1.00	4	1.5030	2.82500	-2.9922	5.9982	0.03	5.74
Cu	2.00	20	0.2347	0.29468	0.0968	0.3726	0.03	1.25
Cu	3.00	5	1.2753	1.66191	-0.7883	3.3388	0.03	3.15
Cu	4.00	20	0.5446	1.10760	0.0262	1.0630	0.02	3.72
Cu	5.00	33	2.3046	1.38859	1.8122	2.7969	0.04	5.11
Cu	6.00	24	2.8433	2.13110	1.9434	3.7432	0.05	6.43
Cu	7.00	6	2.6683	2.32189	0.2317	5.1050	0.07	5.72
Cu	8.00	6	4.7717	0.83151	3.8990	5.6443	3.62	5.55
	Total	118	1.8382	1.91850	1.4884	2.1880	0.02	6.43
Ca	1.00	4	121.3485	90.52488	-22.6968	265.3938	50.54	252.72
Ca	2.00	20	121.0590	123.00465	63.4911	178.6269	33.50	588.56
Ca	3.00	5	155.9012	50.98690	92.5926	219.2098	71.20	201.02
Ca	4.00	20	121.7088	97.17090	76.2314	167.1862	11.55	268.80
Ca	5.00	33	127.4205	43.28298	112.0730	142.7680	42.04	201.79
Ca	6.00	24	171.5592	116.11847	122.5266	220.5917	33.70	484.38
Ca	7.00	6	311.7935	286.95615	10.6515	612.9355	0.00	625.34
Ca	8.00	6	304.3267	108.26422	190.7103	417.9430	184.27	418.80
	Total	118	153.7227	120.70932	131.7155	175.7298	0.00	625.34
Mg	1.00	4	28.2020	3.40120	22.7899	33.6141	23.17	30.64
Mg	2.00	20	45.4384	35.03244	29.0427	61.8341	21.00	168.36
Mg	3.00	5	66.7600	20.75606	40.9879	92.5321	35.59	93.53
Mg	4.00	20	51.6965	43.91840	31.1421	72.2509	3.15	117.60
Mg	5.00	33	50.6042	20.72673	43.2549	57.9536	16.81	93.53
Mg	6.00	24	65.7250	37.19549	50.0187	81.4313	16.85	176.91
Mg	7.00	6	119.9850	107.77324	6.8839	233.0861	0.00	235.42
Mg	8.00	6	132.6200	44.98483	85.4113	179.8287	81.66	175.90
	Total	118	60.6125	45.50426	52.3164	68.9086	0.00	235.42
K	1.00	4	21.6850	32.50133	-30.0319	73.4019	2.29	70.10
K	2.00	20	2.7735	2.64749	1.5344	4.0126	0.22	7.90
K	3.00	4	1.8530	1.31971	-0.2469	3.9529	0.00	3.10
K	4.00	12	9.4550	9.49083	3.4248	15.4852	1.05	34.10
K	5.00	13	5.1238	1.62229	4.1435	6.1042	3.15	9.46
K	6.00	1	6.3200	.	.	.	6.32	6.32
K	7.00	0	.	.	.	.	.	.
K	8.00	0	.	.	.	.	.	.
	Total	54	6.2224	10.40823	3.3815	9.0633	0.00	70.10

الجدول34: الإحصاءات الوصفية 4 لعناصر الجودة للمناطق داخل وخارج مكة المكرمة باستخدام SPSS

Variable	Region	N	Mean	Std. Deviation	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Na	1.00	4	90.7000	55.61918	2.1975	179.2025	42.90	170.90
Na	2.00	20	127.1560	98.16787	81.2120	173.1000	59.20	399.90
Na	3.00	4	87.5375	17.74604	59.2996	115.7754	69.37	111.00
Na	4.00	13	59.3500	34.35648	38.5886	80.1114	0.00	139.20
Na	5.00	19	46.4105	14.49687	39.4233	53.3978	5.26	79.88
Na	6.00	1	29.4800	.	.	.	29.48	29.48
Na	7.00	1	33.6300	.	.	.	33.63	33.63
Na	8.00	0	.	.	.	.	.	.
	Total	62	80.2021	68.72533	62.7491	97.6551	0.00	399.90
F	1.00	4	1.1925	0.24865	0.7968	1.5882	1.04	1.56
F	2.00	20	0.6910	0.39811	0.5047	0.8773	0.17	1.89
F	3.00	5	1.3060	0.53650	0.6398	1.9722	0.87	2.15
F	4.00	15	0.9513	0.24784	0.8141	1.0886	0.64	1.43
F	5.00	32	1.1533	0.50347	0.9718	1.3348	0.41	2.31
F	6.00	16	0.7088	0.51404	0.4348	0.9827	0.21	1.98
F	7.00	6	1.2602	0.92304	0.2915	2.2288	0.04	1.93
F	8.00	6	1.0983	0.66677	0.3986	1.7981	0.27	2.05
	Total	104	0.9787	0.52695	0.8762	1.0812	0.04	2.31
Fungi	1.00	4	3.00	0.000	3.00	3.00	3	3
Fungi	2.00	20	2.80	0.410	2.61	2.99	2	3
Fungi	3.00	5	2.60	0.548	1.92	3.28	2	3
Fungi	4.00	20	2.90	0.308	2.76	3.04	2	3
Fungi	5.00	33	2.52	0.508	2.34	2.70	2	3
Fungi	6.00	24	2.50	0.511	2.28	2.72	2	3
Fungi	7.00	6	3.00	0.000	3.00	3.00	3	3
Fungi	8.00	6	2.83	0.408	2.40	3.26	2	3
	Total	118	2.69	0.466	2.60	2.77	2	3
Cholera	1.00	4	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Cholera	2.00	20	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Cholera	3.00	5	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Cholera	4.00	20	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Cholera	5.00	33	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Cholera	6.00	24	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Cholera	7.00	6	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Cholera	8.00	6	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
	Total	118	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Salmonella	1.00	4	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Salmonella	2.00	20	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Salmonella	3.00	5	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Salmonella	4.00	20	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Salmonella	5.00	33	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Salmonella	6.00	24	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Salmonella	7.00	6	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Salmonella	8.00	6	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
	Total	118	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2

الجدول35: الاحصاءات الوصفية 5 لعناصر الجودة للمناطق داخل وخارج مكة المكرمة باستخدام SPSS

Variable	Region	N	Mean	Std. Deviation	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Coliform	1.00	4	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Coliform	2.00	20	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Coliform	3.00	5	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Coliform	4.00	20	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Coliform	5.00	33	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Coliform	6.00	24	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Coliform	7.00	6	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Coliform	8.00	6	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
	Total	118	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
E.coli	1.00	4	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
E.coli	2.00	20	2.30	0.470	2.08	2.52	2	3
E.coli	3.00	5	2.40	0.548	1.72	3.08	2	3
E.coli	4.00	20	2.65	0.489	2.42	2.88	2	3
E.coli	5.00	33	2.27	0.452	2.11	2.43	2	3
E.coli	6.00	24	2.17	0.381	2.01	2.33	2	3
E.coli	7.00	6	2.33	0.516	1.79	2.88	2	3
E.coli	8.00	6	2.33	0.516	1.79	2.88	2	3
	Total	118	2.32	0.469	2.24	2.41	2	3
Color	1.00	4	2.25	0.500	1.45	3.05	2	3
Color	2.00	20	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Color	3.00	5	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Color	4.00	20	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Color	5.00	33	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Color	6.00	24	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Color	7.00	6	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Color	8.00	6	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
	Total	118	2.01	0.092	1.99	2.03	2	3
Odour	1.00	4	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Odour	2.00	20	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Odour	3.00	5	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Odour	4.00	20	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Odour	5.00	33	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Odour	6.00	24	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Odour	7.00	6	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Odour	8.00	6	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
	Total	118	2.00	0.000	2.00	2.00	2	2
Taste	1.00	4	2.25	0.500	1.45	3.05	2	3
Taste	2.00	20	2.20	0.410	2.01	2.39	2	3
Taste	3.00	5	2.40	0.548	1.72	3.08	2	3
Taste	4.00	20	2.35	0.489	2.12	2.58	2	3
Taste	5.00	33	2.27	0.452	2.11	2.43	2	3
Taste	6.00	24	2.50	0.511	2.28	2.72	2	3
Taste	7.00	6	2.83	0.408	2.40	3.26	2	3
Taste	8.00	6	3.00	0.000	3.00	3.00	3	3
	Total	118	2.39	0.490	2.30	2.48	2	3

الجدول36: تحليل التباين الأحادي One Way ANOVA بين المناطق غير متساوية المتوسطات

Dependent Variable	(I) Region	(J) Region	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Upper	Lower
MPN	4	5.00	-5.47030(*)	1.63647	0.024	-10.5271	-0.4135
MPN	4	6.00	-9.03167(*)	1.74843	0.000	-14.4345	-3.6289
Cond	7	1.00	2979.42017(*)	723.43491	0.002	743.9379	5,214.9024
Cond.	7	2.00	3055.91717(*)	521.67633	0.000	1,443.8880	4,667.9464
Cond.	7	3.00	2840.09217(*)	678.64210	0.001	743.0239	4,937.1604
Cond.	7	4.00	2634.23767(*)	521.67633	0.000	1,022.2085	4,246.2669
Cond.	7	5.00	3198.40756(*)	497.39887	0.000	1,661.3980	4,735.4171
Cond.	7	6.00	2577.44158(*)	511.54573	0.000	996.7169	4,158.1663
Cond.	8	1.00	2723.12667(*)	723.43491	0.006	487.6444	4,958.6089
Cond.	8	2.00	2799.62367(*)	521.67633	0.000	1,187.5945	4,411.6529
Cond.	8	3.00	2583.79867(*)	678.64210	0.006	486.7304	4,680.8669
Cond.	8	4.00	2377.94417(*)	521.67633	0.000	765.9150	3,989.9734
Cond.	8	5.00	2942.11406(*)	497.39887	0.000	1,405.1045	4,479.1236
Cond.	8	6.00	2321.14808(*)	511.54573	0.000	740.4234	3,901.8728
TDS	7	8.00	-1194.15000(*)	270.40189	0.001	-2,029.7174	-358.5826
TDS	7	1.00	1608.96583(*)	382.40601	0.001	427.2951	2,790.6366
TDS	7	2.00	1637.90533(*)	275.75690	0.000	785.7904	2,490.0202
TDS	7	3.00	1407.79133(*)	358.72864	0.004	299.2859	2,516.2967
TDS	7	4.00	1447.12533(*)	275.75690	0.000	595.0104	2,299.2402
TDS	7	5.00	1687.30606(*)	262.92389	0.000	874.8464	2,499.7657
TDS	7	6.00	1373.60000(*)	270.40189	0.000	538.0326	2,209.1674
TDS	8	1.00	1429.51583(*)	382.40601	0.007	247.8451	2,611.1866
TDS	8	2.00	1458.45533(*)	275.75690	0.000	606.3404	2,310.5702
TDS	8	3.00	1228.34133(*)	358.72864	0.019	119.8359	2,336.8467
TDS	8	4.00	1267.67533(*)	275.75690	0.000	415.5604	2,119.7902
TDS	8	5.00	1507.85606(*)	262.92389	0.000	695.3964	2,320.3157
TDS	8	6.00	1194.15000(*)	270.40189	0.001	358.5826	2,029.7174
pH	1	5.00	-.51886(*)	0.15174	0.019	-0.9878	-0.0500
pH	1	6.00	-.57125(*)	0.15479	0.008	-1.0496	-0.0929
TH	1	8.00	-924.76000(*)	247.32513	0.007	-1,689.0180	-160.5020
TH	2	8.00	-743.11500(*)	178.34869	0.002	-1,294.2293	-192.0007
TH	4	8.00	-743.36700(*)	178.34869	0.002	-1,294.4813	-192.2527
TH	5	8.00	-733.57818(*)	170.04880	0.001	-1,259.0451	-208.1113
TH	6	8.00	-600.28250(*)	174.88528	0.018	-1,140.6945	-59.8705
TH	8	1.00	924.76000(*)	247.32513	0.007	160.5020	1,689.0180
NO3	1	8.00	-531.02917(*)	116.02981	0.000	-889.5722	-172.4861
NO3	2	8.00	-427.44382(*)	83.67028	0.000	-685.9929	-168.8947
NO3	3	8.00	-416.90967(*)	108.84561	0.005	-753.2529	-80.5664
NO3	4	8.00	-458.27367(*)	83.67028	0.000	-716.8228	-199.7246
NO3	5	8.00	-495.21415(*)	79.77649	0.000	-741.7310	-248.6973
NO3	6	8.00	-487.67250(*)	82.04546	0.000	-741.2007	-234.1443
NO3	7	8.00	-358.54667(*)	103.78022	0.017	-679.2373	-37.8560
SO4	2	7.00	-527.13717(*)	118.40257	0.001	-893.0123	-161.2620
SO4	2	8.00	-645.63550(*)	118.40257	0.000	-1,011.5106	-279.7604

الجدول37: تابع تحليل التبأين الأحادي One Way ANOVA بين المناطق غير متساوية المتوسطات

Dependent Variable	(I) Region	(J) Region	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Upper Bound	Lower Bound
SO4	3	8.00	-520.69200(*)	154.0283	0.022	-996.6543	-44.7297
SO4	4	7.00	-530.14617(*)	118.4025	0.000	-896.0213	-164.2710
SO4	4	8.00	-648.64450(*)	118.4025	0.000	-1,014.5196	-282.7694
SO4	5	7.00	-526.92048(*)	112.8924	0.000	-875.7687	-178.0722
SO4	5	8.00	-645.41882(*)	112.8924	0.000	-994.2671	-296.5706
SO4	6	7.00	-607.81242(*)	116.1032	0.000	-966.5825	-249.0423
SO4	6	8.00	-726.31075(*)	116.1032	0.000	-1,085.0808	-367.5407
Cl	1	7.00	-432.78317(*)	111.4071	0.004	-777.0419	-88.5245
Cl	1	8.00	-391.90500(*)	111.4071	0.014	-736.1637	-47.6463
Cl	2	7.00	-426.97617(*)	80.33685	0.000	-675.2246	-178.7277
Cl	2	8.00	-386.09800(*)	80.33685	0.000	-634.3465	-137.8495
Cl	4	7.00	-411.54317(*)	80.33685	0.000	-659.7916	-163.2947
Cl	4	8.00	-370.66500(*)	80.33685	0.000	-618.9135	-122.4165
Cl	5	7.00	-417.97332(*)	76.59819	0.000	-654.6690	-181.2777
Cl	5	8.00	-377.09515(*)	76.59819	0.000	-613.7908	-140.3995
Cl	6	7.00	-344.79067(*)	78.77677	0.001	-588.2183	-101.3630
Cl	6	8.00	-303.91250(*)	78.77677	0.005	-547.3402	-60.4848
Cl	8	2.00	386.09800(*)	80.33685	0.000	137.8495	634.3465
Cu	1	8.00	-3.26869(*)	0.98573	0.026	-6.3147	-0.2227
Cu	2	5.00	-2.06985(*)	0.43274	0.000	-3.4071	-0.7326
Cu	2	6.00	-2.60860(*)	0.46235	0.000	-4.0373	-1.1799
Cu	2	7.00	-2.43360(*)	0.71082	0.019	-4.6301	-0.2371
Cu	2	8.00	-4.53694(*)	0.71082	0.000	-6.7334	-2.3404
Cu	3	8.00	-3.49641(*)	0.92470	0.006	-6.3538	-0.6390
Cu	4	5.00	-1.75999(*)	0.43274	0.002	-3.0972	-0.4228
Cu	4	6.00	-2.29874(*)	0.46235	0.000	-3.7274	-0.8700
Cu	4	8.00	-4.22708(*)	0.71082	0.000	-6.4236	-2.0306
Cu	5	8.00	-2.46709(*)	0.67774	0.010	-4.5614	-0.3728
Ca	2	7.00	-190.73450(*)	51.41818	0.008	-349.6215	-31.8475
Ca	2	8.00	-183.26767(*)	51.41818	0.012	-342.1547	-24.3806
Ca	4	7.00	-190.08470(*)	51.41818	0.008	-348.9717	-31.1977
Ca	4	8.00	-182.61787(*)	51.41818	0.013	-341.5049	-23.7308
Ca	5	7.00	-184.37302(*)	49.02531	0.006	-335.8659	-32.8802
Ca	5	8.00	-176.90618(*)	49.02531	0.011	-328.3990	-25.4133
Mg	7	1.00	91.78300(*)	25.78209	0.012	12.1139	171.4521
Mg	7	2.00	74.54660(*)	18.59173	0.003	17.0964	131.9968
Mg	7	4.00	68.28850(*)	18.59173	0.009	10.8383	125.7387
Mg	7	5.00	69.38076(*)	17.72652	0.004	14.6041	124.1574
Mg	8	1.00	104.41800(*)	25.78209	0.002	24.7489	184.0871
Mg	8	2.00	87.18160(*)	18.59173	0.000	29.7314	144.6318
Mg	8	4.00	80.92350(*)	18.59173	0.001	23.4733	138.3737
Mg	8	5.00	82.01576(*)	17.72652	0.000	27.2391	136.7924
Mg	8	6.00	66.89500(*)	18.23069	0.009	10.5604	123.2296
F	2	5.00	-.46228(*)	0.14107	0.030	-0.8994	-0.0251
E.coli	6	4.00	-.483(*)	0.137	0.014	-0.91	-0.06
Color	1	2.00	.250(*)	0.045	0.000	0.11	0.39
Color	1	3.00	.250(*)	0.055	0.000	0.08	0.42
Color	1	4.00	.250(*)	0.045	0.000	0.11	0.39
Color	1	5.00	.250(*)	0.044	0.000	0.11	0.39
Color	1	6.00	.250(*)	0.045	0.000	0.11	0.39
Color	1	7.00	.250(*)	0.053	0.000	0.09	0.41
Color	1	٨.00	.250(*)	0	(	0.09	0.4
Taste_Y1	٨	٢.00	.800(*)	0	(	0.14	1.4
Taste_Y1	٨	٥.00	.727(*)	0	(	0.10	1.3

.*The mean difference is significant at the .05 level.

3-2المرحلة الثانية

شملت المرحلة الثانية اختيار ٥٠% تقريبا من الآبار داخل مكة المكرمة عشوائيا لتمثل الآبار داخل مكة لزيادة أعداد وأنواع الاختبارات وللتقليل من أعداد العينات حسب الإمكانيات والأعداد التي تفي بالغرض إحصائيا. وشملت الاختبارات: الكشف عن مدى صلاحية الآبار ميكروبيا بطريقة العدد الأكثر احتمالا وكذلك إجراء عد كلي للبكتيريا والكشف عن مسببات الإسهال البكتيرية مثل *E.coli*، *V.cholera* و*Salmonella* بالإضافة إلى الكشف عن الفطريات. أيضا الكشف عن عناصر الجودة الفيزيائية التي تمت في المرحلة الأولي وهي اللون، الرائحة، الطعم، العكاره، درجة التوصيل الكهربائية، درجة الأس الهيدروجيني، الأملاح الكلية الذائبة والعسر الكلي. والتوسع في الاختبارات الكيميائية عن المرحلة الأولى لتشمل الكشف عن الانيونات و الكاتيونات، العناصر الشحيحة، الزيوت المعدنية، المشتقات البترولية، المبيدات، والكشف عن المستوى الإشعاعي. واختيار عدد خمسة آبار من منطقة الحسينية تمثل الآبار الواقعة في المنطقة (٨) جنوب خارج مكة المكرمة، و احد عشر بئر من منطقة وادي النعمان تمثل الآبار الواقعة في المنطقة (٥) شرق خارج مكة المكرمة لمقارنة نتائجها بنتائج المرحلة الأولى.

1-2-3الاختبارات الفيزيائية و الفيزيوكيميائية للمرحلة الثانية

- داخل حدود مدينة مكة المكرمة

تم تحليل خمسة وعشرون عينة مياه من الآبار داخل حدود مدينة مكة المكرمة وكانت النتائج حسب ما هو موضح في الجدول رقم (٣٨). إذ بلغت أقصى قيمة لدرجة التوصل الكهربائية في الآبار داخل مكة المكرمة ٦٠٣٤ µS/cm وكانت للبئر(٦ س ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة واقل قيمة ٦٠٥ µS/cm للبئر(٤ ز ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة والمتوسط ٢٢٢٥.١٢ µS/cm وهو أعلى من متوسط نفس الآبار في المرحلة الأولى بنسبة ١٣.٣%. وبلغت أعلى قيمة للأملاح الكلية الذائبة ٣٣٥٠ مجم/لتر وكانت للبئر(٦ س ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة واقل قيمة ٢٨٣ مجم/لتر و كانت للبئر(٤ ز ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، وكان المتوسط ١٢٠٠.٢٨ مجم/لتر، وهو أعلى من متوسط نفس الآبار في المرحلة الأولى بنسبة ١٧.٩%. أما درجة الأس الهيدروجيني فبلغت أعلى قيمة ٨.٢١ وكانت للبئر(٤ ز ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، واقل قيمة ٧.٤٤ وكانت للبئر(٦ س ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة.

جدول ٣٨. النتائج الفيزيوكيميائية للمرحلة الثانية لمجموعة من الآبار داخل مكة الجزء الشمالي الشرقي، الشمال الغربي، الجنوبي الشرقي و الجنوبي الغربي

نتائج الآبار داخل مكة (٤) جنوب غرب								
الرقم	Taste	Odour	Color	Turb.	pH	TDS	Cond.	TH
١ك ج غ	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.234	7.78	680	1379	300
٢ك ج غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.27	7.88	**1010**	**1870**	292
٤س ج غ	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.5	7.75	**1650**	**3027**	**666**
٥س ج غ	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.35	7.9	**1510**	**3001**	430
٦س ج غ	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.56	7.44	**3350**	**6034**	**1548**
٢ص ج غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.29	7.96	293	615	110
٦ص ج غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.38	7.94	764	1566	264

نتائج الآبار داخل مكة (٢) شمال غرب								
الرقم	Taste	Odour	Color	Turb.	pH	TDS	Cond.	TH
٢ز ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.37	7.9	685	1410	200
٣ز ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.31	7.98	597	1251	256
٤ز ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.52	8.21	283	605	210
٥ز ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.18	7.69	543	1237	148
٦ز ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.23	7.85	**1050**	**2013**	400
٧ز ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.2	8.07	626	1295	260
١٢ ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.2	7.73	**1520**	**3001**	**846**
١٣ ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.3	7.72	**3010**	**5085**	**1454**
١٥ ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.38	7.78	**1880**	**3069**	**1724**
١٦ ش غ	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.3	7.75	**2450**	**4075**	**1296**
١٨ ش غ	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.27	7.97	899	**1820**	376
١١٢ ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.21	7.6	**1140**	**2003**	**624**

نتائج الآبار داخل مكة (٣) جنوب شرق								
الرقم	Taste	Odour	Color	Turb.	pH	TDS	Cond.	TH
١ع ج	يوجد	مقبولة	بدون	0.3	7.45	**1440**	**2286**	**1178**
٢ع ج	مقبول	مقبولة	بدون	0.4	7.53	**1130**	**2026**	**916**

نتائج الآبار داخل مكة (١) شمال شرق								
الرقم	Tast	Odour	Color	Turb.	pH	TDS	Cond.	TH
١غ ش ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.37	7.89	544	1118	280
١ش ش ش	مقبول	مقبولة	**يوجد**	0.5	7.51	**1580**	**3015**	400
٤ش ش ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.2	7.86	693	1417	318
٥ش ش ش	**يوجد**	مقبولة	بدون	0.3	7.88	680	1410	252

و المتوسط ٧.٧٥، وهو مساوي تقريبا لمتوسط نفس الآبار في المرحلة الأولى البالغ ٧.٧٨. أما درجة العكاره فبلغت أعلى قيمة ٠.٥٦ NTU وكانت للبئر(٦ س ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، واقل قيمة ٠.١٨ NTU وكانت للبئر (٥ ز ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة وبلغ المتوسط ٠.٣٢٤٨ NTU وهو قريب من متوسط نفس الآبار في المرحلة الأولى البالغ ٠.٣١٥٦NTU.وبلغت أعلى قيمة للعسر الكلي ١٧٢٤ مجم/لتر وكانت للبئر(٥ ا ش غ)، وأقل قيمة ١١٠ مجم/لتر للبئر (٢ ص ج غ) وكلاهما في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، والمتوسط ٥٨٩.٩٢ مجم/لتر وهو أعلى من متوسط نفس الآبار في المرحلة الأولى بنسبة ٢١.٢%. ولم تسجل أي عينة إيجابية للرائحة واللون، وتم تسجيل ٨ عينة ايجابية للطعم بنسبة ٢٩.٦%، كانت نصفها من الآبار الواقعة بالمنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة.

- منطقة الحسينية

تم تحليل خمس عينات من آبار منطقة الحسينية وهي تمثل الآبار الواقعة في المنطقة (٨) جنوب خارج مكة المكرمة، وكانت النتائج حسب ما هو موضح في الجدول رقم (٣٩). إذ بلغت أقصى قيمة لدرجة التوصيل الكهربائية ٤٠٣٤ µS/cm للبئر (١ج) واقل قيمة ٣٠١٨ µS/cm للبئر (٥ ج) والمتوسط ٣٥٨٢.٨٥ µS/cm وهو اقل بنسبة ٢٠ %من متوسط نفس الآبار في المرحلة الأولى. وبلغت أعلى قيمة للأملاح الكلية الذائبة ٢٢٠٠ مجم/لتر للبئر (١ ج) واقل قيمة ١٦١٠ مجم/لتر للبئر (٣ ج)، وكان المتوسط ١٩٢٠.١٤ مجم/لتر، وهو اقل من متوسط نفس الآبار في المرحلة الأولى بنسبة ١٧ %. أما درجة الأس الهيدروجيني فبلغت أعلى قيمة ٧.٤٧ للبئر (٥ ج) واقل قيمة ٦.٣ للبئر (١ ج) ، وبلغت أعلى قيمة للعسر الكلي ٢١٤٦ مجم/لتر للبئر (٤ج)، وأقل قيمة ٩٦٦ مجم/لتر للبئر (٣ج)، والمتوسط ١٤٠٨.٨ مجم/لتر وهو أعلى بنسبة ١١.٣% من متوسط نفس الآبار في المرحلة الأولى. ولم تسجل أي عينة إيجابية للرائحة والطعم واللون.

- منطقة وادي النعمان

تم تحليل احد عشر عينة من آبار منطقة وادي النعمان وهي تمثل الآبار الواقعة شرق خارج مكة المكرمة في المنطقة (٥)، وكانت النتائج حسب ما هو موضح في الجدول رقم (٣٩).

إذ بلغت أقصى قيمة لدرجة التوصيل الكهربائية ١٥٣٥ µS/cm للبئر (١٧ش) واقل قيمة ٦٥٩ µS/cm للبئر (٩ ش) والمتوسط ١٢٣٧.٠٧ µS/cm، وهواقل من متوسط نفس الآبار في المرحلة الأولى بنسبة ١٩.٢%. و بلغت أعلى قيمة للأملاح الكلية الذائبة٧٥٣ مجم/لتر للبئر (١٧ش) واقل قيمة ٣١٧ مجم/لتر للبئر (٩ ش)، وكان المتوسط ٦٠٢.٧ مجم/لتر، وهو اقل من متوسط نفس الآبار في المرحلة الأولى بنسبة ١٩.٩%. أما درجة الأس الهيدروجيني فبلغت أعلى

جدول ٣٩. النتائج الفيزيوكيميائية للمرحلة الثانية لمجموعة من الآبار بالحسينية و وادي النعمان

نتائج مجموعة من آبار وادي النعمان شرق مكة							
TH	**Cond.**	**TDS**	**pH**	**Color**	**Odour**	**Taste**	الرقم
640	1530	740	7.66	بدون	مقبولة	مقبول	٤ش
320	967	467	7.83	بدون	مقبولة	مقبول	٦ش
600	1533	750	7.66	بدون	مقبولة	مقبول	٨ش
580	659	317	7.65	بدون	مقبولة	مقبول	٩ش
636	1524	746	7.57	بدون	مقبولة	مقبول	١٠ش
540	1189	583	7.57	بدون	مقبولة	مقبول	١١ش
540	1217	590	7.74	بدون	مقبولة	مقبول	١٤ش
600	1288	626	7.75	بدون	مقبولة	مقبول	١٦ش
720	1535	753	7.66	بدون	مقبولة	مقبول	١٧ش
480	1244	608	7.72	يوجد	مقبولة	مقبول	٢٦ش
580	1202	586	7.64	بدون	مقبولة	مقبول	٣٠ش
نتائج مجموعة من آبار الحسينية جنوب مكة							
TH	**Cond.**	**TDS**	**pH**	**Color**	**Odour**	**Taste**	الرقم
1500	**4034**	**2200**	6.30	بدون	مقبولة	مقبول	١ج
1138	**4009**	**2080**	7.07	بدون	مقبولة	مقبول	٢ج
966	**3027**	**1640**	7.41	بدون	مقبولة	مقبول	٣ج
2146	**٣٩٤٠**	**٢١٠١**	7.41	بدون	مقبولة	مقبول	٤ج
1000	**3018**	**1610**	7.47	بدون	مقبولة	مقبول	٥ج

قيمة ٧.٨٣ للبئر (٦ ش) واقل قيمة ٧.٥٧ للبئر (١٠ش)، وبلغت أعلى قيمة للعسر الكلي ٧٢٠ مجم/لتر للبئر (١٧ش)، وأقل قيمة ٣٢٠ مجم/لتر للبئر (٦ ش)، والمتوسط ٥٥٩.٦٩ مجم/لتر، وهو أعلى بنسبة ١٦.%من متوسط نفس الآبار في المرحلة الأولى. ولم تسجل أي عينة إيجابية للرائحة والطعم في حين كانت هناك عينة إيجابية للون.

3-2-2الاختبارات الكيميائية الأساسية للمرحلة الثانية

تم الكشف عن احد عشر مؤشر من عناصر الجودة لمراقبة مياه الآبار وهي نفس التي تم الكشف عليها في المرحلة الأولي بالإضافة إلي تقدير كل من الفوسفات (PO_4) و الامونيا (NH_4) لجميع الآبار داخل مكة المكرمة المشمولة في المرحلة الثانية.

- داخل حدود مدينة مكة المكرمة

كما هو موضح في الجداول (41،٤٠) حيث بلغت أعلى قيمة للفلورايد 1.48 مجم/لتر وكانت للبئر (١ ش ش ش) الواقع في المنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة، واقل قيمة كانت ٠.٠٠١ مجم/لتر للبئر (١ غ ش ش) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، والمتوسط ٠.٧٢٤ مجم/لتر وهو اقل من متوسط نفس الآبار في المرحلة الأولى ٠.٨٩٨ مجم/لتر. أما تركيز الصوديوم فكانت أعلى قيمة ٤١٠ مجم/لتر للبئر (٥ ا ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، واقل قيمة كانت ٣٣ مجم/لتر للبئر (٢ ص ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، وهذا موافق لنتائج المرحلة الأولى من حيث المناطق وبلغ المتوسط ١٢٨.٣٥ مجم/لتر وهو أعلى من متوسط المرحلة الأولى لنفس الآبار بنسبة ١١.٧٧%. وسجلت أعلى قيمة للبوتاسيوم ٧٢.٨ مجم/لتر للبئر (١ غ ش ش) الواقع في منطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة، واقل قيمة سجلت للبئر(١ ع ج ش) الواقع بالمنطقة (٣) جنوب شرق مكة المكرمة وبلغت ٠.٠٠١ مجم/لتر وكان المتوسط ٨.٦٨ مجم/لتر، وهذا موافق لنتائج المرحلة الأولى من حيث المناطق والتركيز والمتوسط. وقد بلغت أعلى قيمة للمغنسيوم ١٦٨.٩ مجم/لتر للبئر(٥ ا ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، واقل قيمة ٩.٨ مجم/لتر للبئر (٢ ص ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، وكان المتوسط ٤٥.٥٧ مجم/لتر وهو مقارب لمتوسط المرحلة الأولى البالغ ٤٧.٣ مجم/لتر. أما الكالسيوم فسجل ٣٩١.١ مجم/لتر كأعلى قيمة، في حين كانت اقل قيمة ٢٧ مجم/لتر وهما للآبار (٥ ا ش غ) و(٢ ص ج غ) من آبار المنطقة (٢) شمال غرب (٤) جنوب غرب مكة المكرمة،على التوالي، وبلغ المتوسط ١٢٨ مجم/لتر وهو قريب من متوسط نفس الآبار في المرحلة الأولى البالغ ١٢١.٤ مجم/لتر.

جدول ٤٠. النتائج الكيميائية للمرحلة الثانية لمجموعة من الآبار داخل مكة الجزء الشمال الغربي والجنوبي الغربي

نتائج الآبار داخل مكة (٤) جنوب غرب													
NH_4	PO_4	NO_3	NO_2	SO_4	Cl	Fe	Cu	Ca	Mg	K	Na	F	الرقم
<0.04	<0.09	**126.5**	0.015	130.8	52.5	0.025	0.0036	47.8	**20.2**	**35.7**	61.4	0.86	١ك ج غ
<0.04	<0.09	**243.9**	0.013	251.5	129.9	0.19	0.0079	85.2	**30.3**	8.79	125.5	0.38	٢ك ج غ
<0.04	<0.09	**504.3**	0.017	**447.8**	288.7	0.06	0.0137	148.4	**68.2**	17.5	123.3	0.56	٤س ج غ
<0.04	<0.09	**383.1**	0.02	312	239.6	0.0039	0.0158	95.2	**52.3**	11	115.1	0.77	٥س ج غ
<0.04	<0.09	**1214.5**	0.03	**891**	818.7	0.033	0.0335	297	**151.3**	15.6	**224.4**	0.67	٦س ج غ
<0.04	<0.09	37.2	0.069	41.3	22.9	0.031	0.0061	27	9.8	1.55	33	0.54	٢ص ج غ
<0.04	<0.09	**156.8**	0.04	146.3	70.9	0.02	0.0126	43.9	20,0	1.22	86.9	1.22	٦ص ج غ
نتائج الآبار داخل مكة (٢) شمال غرب													
NH_4	PO_4	NO_3	NO_2	SO_4	Cl	Fe	Cu	Ca	Mg	K	Na	F	الرقم
<0.04	<0.09	**67.3**	0.02	125.3	105.1	0.01	0.0062	73.9	26.8	0.55	73.4	0.42	٢ز ش غ
<0.04	<0.09	11.1	0.01	42.8	96.8	0.02	0.0075	54.7	24.8	1.61	63.5	0.56	٣ز ش غ
<0.04	<0.09	25.2	0.01	61.1	50.5	0.01	0.0014	52.6	23.4	1.09	62.3	0.83	٤ز ش غ
<0.04	0.12	**85.7**	0.02	109.4	68.2	0.02	0.0059	80.15	36.1	0.34	108.5	0.79	٥ز ش غ
<0.04	0.13	47.7	0.04	91.68	74.03	0.02	0.004	47.02	21.2	0.37	77.3	1.06	٦ز ش غ
<0.04	0.11	**70.5**	0.01	106	72.8	0.04	0.0023	58.1	25.6	0.31	67.8	0.84	٧ز ش غ
<0.04	<0.09	**238.3**	0.02	319	**332**	0.09	0.0132	**151.7**	**58.3**	5.23	126.8	0.49	١٢ش غ
<0.04	<0.09	**606.7**	0.07	**942.1**	**805.5**	0.04	0.023	**309.6**	**127.2**	6.03	**381.9**	0.75	١٣ش غ
<0.04	<0.09	**708.5**	0.02	**1095**	**911.3**	0.03	0.0234	**391.1**	**168.9**	7.44	**410**	0.47	١٥ش غ
<0.04	<0.09	**528.4**	0.03	**889.1**	**661.5**	0.02	0.0328	**307.1**	**125.8**	4.92	**244.8**	0.41	١٦ش غ
<0.04	0.1	**166.4**	0.05	222	147	0.03	0.0055	76.8	27.9	1.59	96	0.78	١٨ش غ
<0.04	<0.09	**188.7**	0.1	267.2	209.6	0.05	0.0108	91.8	**38.7**	1.74	116.8	0.57	١١٢ش غ

جدول ٤١. النتائج الكيميائية للمرحلة الثانية لمجموعة من الآبار داخل مكة الجزء الجنوبي الشرقي و الشمالي الشرقي

بيان بنتائج الآبار داخل مكة (٣) جنوب شرق													
NH_4	PO_4	NO_3	NO_2	SO_4	Cl	Fe	Cu	Ca	Mg	K	Na	F	الرقم
<0.04	<0.09	**268.7**	0.08	331	243.8	0.0157	0.0265	**239.5**	**88**	0.001	198.5	1.2	١ع ج ش
<0.04	<0.09	**213.5**	0.02	286.5	164.4	0.0001	0.0196	171	**59.6**	3.92	39.3	1.2	٢ع ج ش
بيان بنتائج الآبار داخل مكة (١) شمال شرق													
NH_4	PO_4	NO_3	NO_2	SO_4	Cl	Fe	Cu	Ca	Mg	K	Na	F	الرقم
<0.04	<0.09	**102.5**	0.04	110.1	37.8	0.0002	0.0055	66.5	31.6	**72.8**	43.2	0.001	١غ ش ش
<0.04	<0.09	**50.8**	0.01	354.7	**382.5**	0.0003	0.0132	118.1	**44.3**	11.8	178.8	0.4	١ش ش ش
<0.04	<0.09	**131.8**	0.01	243.2	55.4	0.0003	0.0036	58	20.7	3.65	70.5	1.48	٤ش ش ش
<0.04	<0.09	**220**	0.01	276.2	172.3	0.0003	0.0118	108.1	**38.4**	2.34	79.8	0.81	٥ش ش ش

وسجل أعلى تركيز للنحاس 0.0335 مجم/لتر للبئر (٦ س ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، واقل قيمة سجلت ٠.٠٠١٤ مجم/لتر للبئر(٤ ز ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، والمتوسط 0.01 مجم/لتر وهو مساوي بالضبط لمتوسط نفس الآبار في المرحلة الأولى. في المقابل سجل الحديد أعلى قيمة ٠.١٩ مجم/لتر للبئر (٢ ك ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة واقل قيمة ٠.٠٠٠١ مجم/لتر للبئر (٢ ع ج ش) الواقع في المنطقة (٣) جنوب شرق مكة المكرمة، وكان المتوسط 0.03 مجم/لتر، وهو قريب جدا لمتوسط نفس الآبار في المرحلة الأولى البالغ ٠.٠٣٤ مجم/لتر. وبلغت أعلى قيمة للكلوريدات 911.3 مجم/لتر للبئر(٥ ا ش غ) في منطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة وهي ضعف أعلى قيمة في المرحلة الأولى، واقل قيمة ٢٢.٩ مجم/لتر للبئر(٢ ص ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، وكان المتوسط ٢٤٨.٥٤ مجم/لتر، وهو اقل بنسبة ٩.٣% من المتوسط لنفس الآبار في المرحلة الأولى. أما الكبريتات فسجلت أعلى قيمة ١٠٩٥ مجم/لتر للبئر (٥ ا ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة واقل قيمة ٤١.٣ مجم/لتر للبئر (٢ ص ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة والمتوسط ٣٢٣.٧٢ مجم/لتر، وهو اقل من متوسط نفس الآبار في المرحلة الأولى بنسبة انخفاض بلغت ٣٠.٨%. أما النترات فكانت أعلى قيمة ١٢١٤.٥ مجم/لتر للبئر (٦ س ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، واقل قيمة ١١.١ مجم/لتر للبئر (٣ ز ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة والمتوسط ٢٥٥.٩٢ مجم/لتر وهو قريب لمتوسط نفس الآبار في المرحلة الأولى البالغ ٢٥٧.١٦ مجم/لتر. في حين سجل أعلى تركيز للنتريت ١.٠ مجم/لتر للبئر (١٢ ا ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، واقل تركيز كان ٠.٠١ مجم/لتر في عدة آبار بالمناطق (٢) شمال غرب و (١) شمال شرق مكة المكرمة، والمتوسط ٠.٠٣٠ مجم/لتر وهو قريب من متوسط نفس الآبار في المرحلة الأولى البالغ ٠.٢٨٦ مجم/لتر. وتم تسجيل ٠.١٣ مجم/لتر كأعلى قيمة للفوسفات للبئر (٦ ز ش غ) (٢) شمال غرب مكة المكرمة واقل قيمة كانت اقل من 0.09 مجم/لتر في عدة آبار في مختلف المناطق. في حين كانت جميع قيم الامونيا أقل من ٠.٠٤ مجم/لتر في جميع المناطق.

- منطقة الحسينية (٨) جنوب خارج مكة المكرمة

كما هو موضح في الجدول (٤٢) بلغت أعلى قيمة للفلورايد ١.٩ مجم/لتر للبئر (٢ ج)، واقل قيمة كانت ١.٤ مجم/لتر، والمتوسط ١.٦٤٥ مجم/لتر وهو اقل من متوسط نفس الآبار في المرحلة الأولى البالغ ١.٠٧٥ مجم/لتر. أما الصوديوم فكانت أعلى قيمة ٣٥٧.٥ مجم/لتر للبئر (٤ ج)، واقل قيمة كانت ١٤٤ مجم/لتر للبئر (٣ ج). وسجلت أعلى قيمة للبوتاسيوم ٣.٠٧ مجم/لتر للبئر (٥

ج)، واقل قيمة بلغت ٠.٨٢ مجم/لتر(٤ ج). وقد بلغت أعلى قيمة للمغنسيوم ١٩٢.٤ مجم/لتر للبئر (٤ ج)، واقل قيمة ٧٥.١ مجم/لتر للبئر (٣ ج)، وكان المتوسط ١٢٢.٧٣مجم/لتر وهو اقل من متوسط نفس الآبار للمرحلة الأولى البالغ ١٣٣.١٧ مجم/لتر. أما الكالسيوم فسجل ٣٢٣.٩ مجم/لتر كأعلى قيمة للبئر(٤ ج)، في حين كانت اقل قيمة ١٣١.٥ مجم/لتر للبئر(٣ ج). والمتوسط ٢١٣.٦٥ مجم/لتر وهو اقل من متوسط نفس الآبار في المرحلة الأولى بنسبة انخفاض وصلت إلى ٣٠.٨%. وسجل أعلى تركيز للنحاس ٠.٠٢١٥ مجم/لتر للبئر (١ ج)، واقل قيمة سجلت ٠.٠٠٣٧ مجم/لتر للبئر(١ ج)، والمتوسط ٠.٠١٢ مجم/لتر وهو اقل من المتوسط لنفس الآبار في المرحلة الأولى البالغ ٤.٦٤ مجم/لتر. في المقابل سجل الحديد قيمة اقل من ٠.٠٠٠١ في جميع الآبار. وبلغت أعلى قيمة للكلوريدات ٨٨٨.٣ مجم/لتر للبئر (٤ ج)، واقل قيمة ٢١٩ مجم/لتر للبئر (٣ ج) وكان المتوسط ٤٦٢.٠٢ مجم/لتر وهو اقل بنسبة ٢٧% من متوسط نفس الآبار في المرحلة الأولى. أما الكبريتات فسجلت أعلى قيمة ١٣٧٦.٤ مجم/لتر للبئر (٤ ج)، واقل قيمة ٥٥٠.١ مجم/لتر (٥ ج) والمتوسط ٩٤٠.٠٢ مجم/لتر وهو قريب من متوسط نفس الآبار في المرحلة الأولى البالغ ١٠٣٢.٠٤ مجم/لتر. أما النترات فكانت أعلى قيمة ١١٦٨.٤ مجم/لتر للبئر (٤ ج) واقل قيمة ٢٩٧.٧ مجم/لتر للبئر (٣ ج)، والمتوسط ٥٩٦.٣٤ مجم/لتر وهو اقل بنسبة ٢٧.٢ % من متوسط نفس الآبار في المرحلة الأولى.

- منطقة وادي النعمان (٥) شرق خارج مكة المكرمة

كما هو موضح في الجدول (٤٢) بلغت أعلى قيمة للفلورايد ٢.٥ مجم/لتر للبئر (٧ش)، واقل قيمة كانت ١.١ مجم/لتر للبئر (٣٠ ش)، والمتوسط ١.٥ مجم/لتر وهو أعلى من المتوسط لنفس الآبار للمرحلة الأولى البالغ ١.٢٦ مجم/لتر. أما الصوديوم فكانت أعلى قيمة ٤٢.٩ مجم/لتر للبئر (١٠ش)، واقل قيمة كانت ٢٤.٥ مجم/لتر للبئر (١٤ش)، والمتوسط ٣٤.٣٦ مجم/لتر وهو اقل بنسبة ٣٤.٤% من متوسط المرحلة الأولى. وسجل أعلى قيمة للبوتاسيوم ٣.٤٦ مجم/لتر للبئر (١٠ش)، واقل قيمة بلغت ٢.٢٢ مجم/لتر للبئر (٧ش)، وكان المتوسط ٢.٩٥٥ مجم/لتر وهو اقل بنسبة ٥٣.٨% من متوسط نفس الآبار للمرحلة الأولى. وقد بلغت أعلى قيمة للمغنسيوم ٤١.٩ مجم/لتر للبئر(١٨ش)، واقل قيمة ١٨.٠١ مجم/لتر للبئر (٧ش)، وكان المتوسط ٣١.٢٩٣ مجم/لتر وهو اقل بنسبة ٣٦.١٣%من متوسط نفس الآبار للمرحلة الأولى. أما الكالسيوم فسجل ١٣٩ مجم/لتر كأعلى قيمة للبئر (١٨ ش)، في حين كانت اقل قيمة ٦٣ مجم/لتر للبئر (٧ش)، والمتوسط ١١١.٢٩٢ مجم/لتر وهو قريب من متوسط نفس الآبار للمرحلة الأولى البالغ ١١٢.٥٣ مجم/لتر. وسجل النحاس أعلى تركيز٠.٠٢١٤ مجم/لتر للبئر(١٦ ش)، واقل قيمة سجلت ٠.٠٠٢

جدول ٤٢. النتائج الكيميائية للمرحلة الثانية لمجموعة من الآبار بالحسينية و وادي النعمان

نتائج مجموعة من آبار وادي النعمان شرق مكة										
NO_3	SO_4	Cl	Fe	Cu	Ca	Mg	K	Na	F	الرقم
121.1	150.5	104.6	< 0.0001	0.0057	112.5	33.3	2.68	42.6	**1.5**	٤ش
44.9	94.6	48	< 0.0001	0.0028	63	18.01	2.22	37.7	**2.5**	٦ش
147.3	141.3	114.5	< 0.0001	0.0147	127	39.4	3.14	38.5	1.3	٨ش
135.4	152.3	121	< 0.0001	0.0126	127.8	38.5	3.33	39.3	1.3	٩ش
114.2	129.5	113.3	< 0.0001	0.0080	119	34.9	3.46	42.9	1.2	١٠ش
117.8	85.4	64.8	< 0.0001	0.0124	109.1	26.8	3.07	24.5	1.4	١١ش
130.8	87.8	65	< 0.0001	0.0167	115.3	28.2	2.88	25.2	1.2	١٤ش
126.1	99.3	86.3	< 0.0001	0.0214	125.8	31.7	3.07	26.9	1.1	١٦ش
151.3	134.6	121.7	< 0.0001	0.0071	139	41.9	3.4	34.5	1.2	١٧ش
87.9	130.4	76.6	< 0.0001	0.0167	90.3	25.7	2.55	42.4	**2.1**	٢٦ش
133.7	87.8	63.9	< 0.0001	0.0131	116	28.5	2.94	24.8	1.1	٣٠ش
نتائج مجموعة من آبار الحسينية جنوب مكة										
NO_3	SO_4	Cl	Fe	Cu	Ca	Mg	K	Na	F	الرقم
485.7	**925.2**	383.6	< 0.0001	0.0215	**225.9**	**131.7**	2.3	153.9	**1.51**	١ ج
365.6	**1050.5**	315.2	< 0.0001	0.0119	165	**93.1**	2.54	**203.2**	**1.9**	٢ ج
297.7	**751.5**	219	< 0.0001	0.0075	131.5	**75.1**	2.47	144.8	**1.66**	٣ ج
1168.4	**1376.4**	888.3	< 0.0001	0.0185	**323.9**	**192.4**	0.82	**357.5**	1.4	٤ ج
390.9	**550.1**	320.8	< 0.0001	0.0037	193.9	**99.31**	3.07	159.9	**1.75**	٥ ج

مجم/لتر للبئر (٧ش)، والمتوسط ٠.٠١١ مجم/لتر وهو اقل من المتوسط لنفس الآبار للمرحلة الأولى البالغ ٢.٣ مجم/لتر. في المقابل سجل الحديد قيمة اقل من ٠.٠٠٠١ مجم/لتر في جميع الآبار. وبلغت أعلى قيمة للكلوريدات ١٢١.٧ مجم/لتر للبئر (١٨ش)، واقل قيمة ٤٨ مجم/لتر للبئر (٧ ش)، وكان المتوسط ٨٨.٤١ مجم/لتر وهو اقل بنسبة ٤٠.٦٨% من متوسط نفس الآبار للمرحلة الأولى. أما الكبريتات فسجلت أعلى قيمة ١٥٢.٣ مجم/لتر للبئر (٩ ش)، واقل قيمة ٨٥.٤ مجم/لتر للبئر (١١ش)، والمتوسط ١١٧.٧٨ مجم/لتر وهو اقل من متوسط نفس الآبار للمرحلة الأولى البالغ ٤١٢.٥٩ مجم/لتر بما يعادل نسبة انخفاض ٣.٥ مره. أما النترات فكانت أعلى قيمة ١٥١.٣ مجم/لتر للبئر (١٨ش)، واقل قيمة ٤٤.٩ مجم/لتر للبئر (٧ش)، والمتوسط ١١٥.٩ مجم/لتر وهو اقل بنسبة ٢٦.٢% من متوسط نفس الآبار للمرحلة الأولى البالغ.

3-2-3الإختبارات الكيميائية للمرحلة الثانية (العناصر الشحيحة والمشعة)

حسب المعلومات المتاحة عن تقدير العناصر الشحيحة والمشعة في مياه الآبار في مكة المكرمة تعتبر الدراسة الحالية الأولى التي تم فيها تقدير ٣٠ عنصر من العناصر الشحيحة والمشعة لمياه آبار مكة المكرمة وهي الزرنيخ، البورن، البريليم، البثموث، السيزيم، الزئبق، الأيوديد، الليثيوم، الروبيديوم، الانتموني، التن، التنتيليوم، الثإليوم، اليورانيوم، الفاناديوم، البروميد، الزنك، السيريشيوم، السلينويوم، الفوسفور، الرصاص، النيكل، المولبيديم، المانجنيز، الكروم، الكوبلت، الكاديوم، الباريوم، المونيوم و الفضة، وبذلك يمكن اعتبارها تقييم أولي ومسح شامل للعناصر الشحيحة والمشعة في عام ٢٠٠٧م والاستفادة منها في أي دراسة تتعلق بالمياه بعد ذلك لمقارنة النتائج ومعرفة مدى حدوث أي ارتفاع أو انخفاض في تركيزها كما هو موضح في الجداول (43،44،٤٥،46،٤٧).

- داخل حدود مدينة مكة المكرمة

كما هو موضح في الجداول (٤٣،٤٥،٤٤) بلغت أعلى قيمة للزرنيخ ٠.٠٢٧١٢ مجم/لتر وكانت للبئر رقم (١ غ ش ش) الواقع في المنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة، واقل قيمة ٠.٠٠٠٧٦٩ مجم/لتر للبئر رقم (٤ س ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة. أما البورن فكانت أعلى قيمة٢.٦٥٣٠١ مجم/لتر و اقل قيمة ٠.١٧٧٣٤ مجم/لتر للآبار رقم (٦ س ج غ) ورقم (٢ ص ج غ)، على التوالي، في منطقة واحدة هي (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، وبلغت الآبار المتجاوزة الحدود المسموح بها ٢ من أصل ٢٥ في هذه المرحلة. وكانت قيمة كل من البريليم، البثموث، السيزيم ، الزئبق، التنتيليوم و الثإليوم اقل من ٠.٠٠٠١ مجم/لتر في جميع العينات وهو اقل من الحدود القصوى المسموح بها لهذه العناصر دوليا. أما الأيوديد

فكانت أعلى قيمة ٠.٣٣٩٦ مجم/لتر للبئر رقم (٦ ز ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، واقل قيمة ٠.٠١٩٤٢٧ مجم/لتر للبئر رقم (٦ س ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة. و كانت أعلى قيمة لليثيوم ٠.٠١١٩٩ مجم/لتر للبئر رقم (١ ش ش ش) الواقع في المنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة، واقل قيمة ٠.٠٠٠٤٤ مجم/لتر للبئر رقم (١١٢ ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، وبلغت الآبار المتجاوزة للحدود المسموح بها ٢٣ من أصل ٢٥ بئرا في هذه المرحلة. وبلغت أعلى واقل قيمة للروبيديوم ٠.٠١٠٧٤ و٠.٠٠٠١ مجم/لتر وكانت للآبار (١ غ ش ش) و (٥ ش ش ش)،على التوالي، الواقعة في المنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة، ولم تتجاوز الآبار الحدود المسموح بها للروبيديوم في هذه المرحلة. وكانت أعلى قيمة للانتموني للبئر رقم (٢ ع ج ش) الواقع في المنطقة (٣) جنوب شرق مكة المكرمة إذ بلغت ٠.٠٢٩١ مجم/لتر، واقل قيمة ٠.٠٠٠٢٩ مجم/لتر للبئر رقم (١١٢ ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، وبلغت الآبار المتجاوزة للحدود المسموح بها للانتموني ١ من أصل ٢٥ بئرا في هذه المرحلة. أما التن فكانت أعلى قيمة ٠.٠٠٠٤٦ مجم/لتر للبئر رقم (٤ س ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، واقل قيمة ٠.٠٠٠١ مجم/لتر كانت للبئر رقم (٤ ش ش ش) الواقع في المنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة، ولم تتجاوز الآبار الحدود المسموح بها للتن في هذه المرحلة. وبلغت أعلى قيمة لليورانيوم ٠.٠٧٢٦ مجم/لتر للبئر رقم (٦ س ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، واقل قيمة ٠.٠٠٠١ مجم/لتر للبئر رقم (١٦ ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، وبلغت الآبار المتجاوزة للحدود المسموح بها ١٨ من أصل ٢٥ بئرا في هذه المرحلة. وكانت أعلى قيمة لتركيز الفاناديوم ٠.٣٠٢ مجم/لتر للبئر رقم (١٨ ش غ) واقل قيمة ٠.٠٠٠١ مجم/لتر للبئر رقم (١٦ ش غ) الواقعة كلها في منطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، وهي اقل من الأرقام الأكثر تسجيلا عالميا Common Reporting Level (CRL). فيما بلغت أعلى قيمة للبروميد 5.04179 مجم/لتر للبئر رقم (١٢ ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، واقل قيمة ٠.١٤ مجم/لتر للبئر رقم (٢ص ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة. فيما بلغت أعلى قيمة للزنك ٠.٠٤٨٨ مجم/لتر وكانت للبئر رقم (١ ش ش ش) الواقع في المنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة، واقل قيمة ٠.٠٠٠١ مجم/لتر للبئر رقم (٢ ع ج ش) الواقع في المنطقة (٣) جنوب شرق مكة المكرمة، ولم تتجاوز الآبار الحدود المسموح بها للزنك في هذه المرحلة. فيما بلغت أعلى قيمة للسيريشيوم ٤.٥٤٦٩٥ مجم/لتر للبئر رقم (١٣ ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، واقل قيمة ٠.٠١١٥٨ مجم/لتر للبئر رقم (٦ س ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة،

وبلغت الآبـار المتجـاوزة للحدود المسموح بهـا ١ من أصـل ٢٥ بئرا فـي هذه المرحلـة. وبلغت أعلى قيمة لتركيز السلينويوم ٠.١٢٣ مجم/لتر وكانت للبئر رقم (١ غ ش ش) الواقع في المنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة، واقل قيمة ٠.٠٠٢٧١ مجم/لتر للبئر رقم (٦ ص ج غ) الواقع فـي المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، وبلغت الآبـار المتجـاوزة للحدود المسموح بهـا ١٥ من أصل ٢٥ بئرا في هذه المرحلة. في حين كانت أعلى قيمة لتركيز الرصاص للبئر رقم (٤ غ ش ش) الواقع في المنطقة (١) شمال شرق مكـة المكرمـة إذ بلغت ٠.٠٤٨٨ مجم/لتر، واقل قيمـة ٠.٠٠٠١ مجم/لتر للبئر رقم (١٣ ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، وبلغت الآبار المتجاوزة للحدود المسموح بها ١٨ من أصل ٢٥ بئرا للرصاص في هذه المرحلـة. وبلغت أعلـى قيمـة لتركيـز الفوسـفور ٠.١٢٤٦ مجـم/لتـر وكانـت للبئـر رقـم (١ غ ش ش) واقـل قيمـة ٠.٠٠٠١ مجم/لتر للبئر رقم (٥ش ش ش) وهما من آبار المنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمـة، ولم تتجاوز الآبار الحدود المسموح بهـا للفوسفور فـي هذه المرحلـة. وبلغت أعلـى قيمـة لتركيز النيكل ٠.٠٢٤٤ مجم/لتر للبئر رقم (٦ ا ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، واقل قيمة كانت اقل من ٠.٠٠٠١ مجم/لتر للبئر(٥ ز ش غ) فـي نفس المنطقـة، وبلغت الآبـار المتجاوزة للحدود المسموح بها ١ من أصل ٢٥ بئرا للنيكل في هذه المرحلة. و المولبيديم سـجل أعلـى تركيـز للبئـر رقـم (١ ك ج غ) الواقـع فـي المنطقـة (٤) جنـوب غـرب مكـة المكرمـة بقيمـة ٠.٠٥٤ مجم/لتر، واقل قيمة اقل من ٠.٠٠٠١ مجم/لتر في عدة آبار في نفس المنطقـة والمنطقـة (٢) شمال غرب مكة المكرمة. ولم تتجاوز الآبار الحدود المسموح بها للمولبيديم في هذه المرحلة. أمـا المنجنيز فكانـت أعلـى قيمـة تركيـز ٠.٠٣٤٧ مجـم/لتـر للبئـر رقـم (١ غ ش ش) الواقـع فـي المنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة واقل قيمة ٠.٠٠٠١ مجم/لتر تكررت فـي كل المنـاطق. و بلغت أعلى قيمة لتركيز الكروم ٠.٠٢٢٦ مجم/لتر للبئر رقم (٥ ا ش غ) الواقع في المنطقـة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، واقل قيمة تركيز ٠.٠٠٠٤ مجم/لتر وكانت للبئر رقم (٥ ش ش ش) الواقع في المنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة، ولم تتجاوز الآبار الحدود المسموح بهـا للكروم في هذه المرحلة. في حين سجل الكوبلت أعلى واقل قيمة تركيز للبئر رقم (٦ ا ش غ) وللبئر رقم (١٢ ا ش غ) وهما من المنطقة (٢) شمال غرب مكـة المكرمـة ٠.٠١٤ و ٠.٠٠٠١٦ مجم/لتر، علـى التـوالي، وبلغت الآبـار المتجـاوزة للحدود المسموح بهـا ٢٠ مـن أصـل ٢٥ بئـرا فـي هذه المرحلـة. وكـان الكـاديوم قد سـجل أعلـى قيمـة تركيـز واقلهـا بـين ٠.٠٠٠١ واقـل مـن ٠.٠٠٠١ مجم/لتر لجميع المناطق، ولم تتجاوز الآبار الحدود المسموح بها للكاديوم في هذه المرحلة. وبلغت أعلى قيمة لتركيز الباريوم ١.٣٧٠٩٨ مجم/لتر للبئر رقم (١٨ ا ش غ) الواقع فـي المنطقـة (٢)

شمال غرب مكة المكرمة، واقل تركيز ٠.٠٠٦٧ مجم/لتر للبئر رقم (٤ س ج غ) الواقع في المنطقة (٤)

جدول ٤٣. نتائج العناصر الشحيحة والمشعة للمرحلة الثانية لمجموعة من الآبار داخل مكة المكرمة الجزء الجنوبي الغربي

Ag	Al	Ba	Cd	Co	Cr	Mn	Mo	Ni	P	Pb	Se	Sr	Zn	Br	الرقم
<0.0001	0.0024	0.0262	<0.0001	**0.0112**	0.0018	0.0007	0.054	0.0114	0.001	**0.0178**	**0.0138**	0.4706	0.00021	2.02	ج غ ١ك
<0.0001	0.0028	0.0083	<0.0001	**0.0096**	0.0087	0.00014	0.0079	0.0124	0.0084	**0.011**	**0.0301**	0.7767	0.00163	5.4	ج غ ٢ك
<0.0001	**0.212**	0.0166	0.0001	**0.0044**	0.01	0.0012	<0.0001	0.0033	0.0413	**0.0196**	**0.021**	0.9968	<0.0001	2.6	٤س ج غ
<0.0001	0.00312	0.0099	<0.0001	**0.004**	0.0077	0.0001	0.01023	0.00163	0.00038	0.00012	0.0075	0.8312	0.00178	2.17	٥س ج غ
<0.0001	0.0018	0.0179	<0.0001	**0.0105**	0.0183	0.0005	<0.0001	0.0151	0.0131	0.0333	0.0207	1.6073	<0.0001	4.32	٦س ج غ
<0.0001	0.00517	0.0121	<0.0001	**0.0043**	0.0038	0.00024	0.0046	0.00179	0.0129	**0.026**	**0.0137**	0.3668	0.00205	0.14	٢ص ج غ
<0.0001	0.00091	0.0067	<0.0001	**0.0048**	0.0007	0.0001	0.000196	0.00296	0.006	0.00013	0.00271	0.01158	0.00041	0.52	٦ص ج غ
V	**U**	**Tl**	**Ta**	**Sn**	**Sb**	**Rb**	**Li**	**I**	**Hg**	**Cs**	**Bi**	**Be**	**B**	**As**	الرقم
0.03556	**0.00286**	<0.0001	<0.0001	0.00017	0.00261	0.0021	**0.00203**	0.07169	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.3674	0.00412	١ك ج غ
0.03497	**0.00548**	<0.0001	<0.0001	0.00018	0.00031	0.00041	**0.00163**	0.12318	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	**0.87806**	0.00228	٢ك ج غ
0.02693	**0.0085**	<0.0001	<0.0001	0.00046	0.00335	0.00028	**0.00342**	0.15085	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	**1.85319**	0.000769	٤س ج غ
0.0175	**0.00726**	<0.0001	<0.0001	0.00014	0.00173	0.00035	**0.00.88**	0.20179	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	**1.71584**	0.00312	٥س ج غ
0.02132	**0.0726**	<0.0001	<0.0001	0.00044	0.00186	0.00031	**0.00463**	0.019427	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	**2.65301**	**0.01157**	٦س ج غ
0.02501	**0.0009**	<0.0001	<0.0001	0.00012	0.00352	0.00037	**0.00068**	0.03568	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.17734	0.0052	٢ص ج غ
0.02952	**0.00254**	<0.0001	<0.0001	0.00014	0.00266	0.00038	**0.00044**	0.26132	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	**0.60961**	0.0041	٦ص ج غ

جدول ٤٤. نتائج العناصر الشحيحة والمشعة للمرحلة الثانية لمجموعة من الآبار داخل مكة المكرمة الجزء الشمال الغربي

Ag	Al	Ba	Cd	Co	Cr	Mn	Mo	Ni	P	Pb	Se	Sr	Zn	Br	الرقم
0.0001	0.00143	0.0233	< 0.0001	**0.00029**	0.001	0.00042	0.0004	0.00099	0.0128	**0.0169**	0.0092	0.5152	0.006	0.65	٢ز ش غ
< 0.0001	0.027	0.0208	< 0.0001	**0.0062**	0.001	0.0079	0.0023	0.0079	0.016	**0.0396**	**0.0267**	0.4352	0.0027	0.6	٣ز ش غ
< 0.0001	0.0118	0.018	< 0.0001	**0.0053**	0.0018	0.0001	0.0046	0.0039	0.0161	**0.0201**	0.0081	0.3786	0.0344	0.34	٤ز ش غ
< 0.0001	0.0136	0.0127	< 0.0001	**0.0027**	0.0025	0.0002	0.0049	< 0.0001	0.0211	**0.0346**	**0.018**	0.3883	0.0078	0.46	٥ز ش غ
< 0.0001	0.0508	0.0101	< 0.0001	**0.0054**	0.0052	0.0001	0.0045	0.0061	0.0023	**0.047**	**0.0101**	0.306	0.0055	0.51	٦ز ش غ
< 0.0001	0.0174	0.01	< 0.0001	**0.0066**	0.0012	0.0001	0.0033	0.0001	0.0028	**0.0296**	0.0054	0.3685	0.0022	0.48	٧ز ش غ
0.00039	0.0185	0.0423	< 0.0001	**0.0071**	0.0076	0.0005	< 0.0001	0.0131	0.02	**0.0104**	**0.0232**	0.9566	0.0197	5.04179	١٢ ش غ
< 0.0001	0.00083	0.04321	< 0.0001	0.00083	0.00233	0.00014	0.01651	0.00144	0.0536	0.0001	**0.01801**	**4.54695**	0.00052	5.4	١٣ ش غ
0.00022	0.0254	0.0548	< 0.0001	**0.0095**	0.0226	0.0004	0.0001	0.0001	0.0164	**0.0161**	**0.0636**	1.6696	0.0264	6.1	١٥ ش غ
< 0.0001	0.0001	0.0555	< 0.0001	**0.014**	0.0107	0.0001	0.0001	**0.0244**	0.0251	**0.0133**	**0.0247**	1.5829	0.0021	4.11	١٦ ش غ
< 0.0001	0.00074	**1.37098**	< 0.0001	< 0.0001	0.00127	0.00017	0.0186	0.00041	0.0038	0.00014	0.00524	1.07337	0.00035	1.37096	١٨ ش غ
< 0.0001	0.0015	0.04384	< 0.0001	0.00016	0.00082	0.0006	0.01066	0.00083	0.0001	0.00015	0.00674	1.72641	0.00026	1.92029	١١٢ ش غ
V	**U**	**Tl**	**Ta**	**Sn**	**Sb**	**Rb**	**Li**	**I**	**Hg**	**Cs**	**Bi**	**Be**	**B**	**As**	الرقم
0.03898	**0.00299**	<0.0001	<0.0001	0.00025	0.0034	0.00021	**0.00088**	0.24147	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	**0.725**	0.00457	٢ز ش غ
0.04211	**0.00351**	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.00025	**0.00058**	0.18553	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	**0.36722**	0.00384	٣ز ش غ
0.04021	**0.00481**	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.00021	**0.00088**	0.16823	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	**0.70651**	0.00723	٤ز ش غ
0.03098	**0.00345**	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.00042	**0.00056**	0.12098	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	**0.5913**	0.00688	٥ز ش غ
0.10533	**0.00468**	<0.0001	<0.0001	0.0002	0.00192	0.0005	**0.00143**	0.3396	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	**0.73453**	0.00676	٦ز ش غ
0.02139	**0.00796**	<0.0001	<0.0001	0.00019	0.00299	0.00058	**0.00503**	0.15885	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.47731	0.00713	٧ز ش غ
0.05814	**0.00627**	<0.0001	<0.0001	0.00045	0.00239	0.00039	**0.00291**	0.13888	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	**1.64084**	0.00846	١٢ ش غ
0.04001	**0.00534**	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.00161	0.00021	**0.00169**	0.29322	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	**1.2634**	0.00524	١٣ ش غ
0.03148	**0.00651**	<0.0001	<0.0001	0.00043	0.00245	0.00048	**0.00193**	0.27309	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	**1.64548**	0.00645	١٥ ش غ
0.0001	0.0001	<0.0001	<0.0001	0.00043	0.00087	0.00031	**0.00121**	0.20835	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	**1.17379**	0.00506	١٦ ش غ
0.302	0.0009	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.00247	0.00017	**0.00085**	0.18898	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	**0.6154**	0.00572	١٨ ش غ
0.02718	0.00182	<0.0001	<0.0001	0.00013	0.00029	0.0001	**0.00044**	0.20088	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	**0.6202**	0.00242	١١٢ ش غ

جدول ٤٥. نتائج العناصر الشحيحة والمشعة للمرحلة الثانية لمجموعة من الآبار داخل مكة المكرمة الجزء الجنوبي الشرقي و الشمال الشرقي

نتائج الآبار داخل مكة (٣) جنوب شرق															
Ag	**Al**	**Ba**	**Cd**	**Co**	**Cr**	**Mn**	**Mo**	**Ni**	**P**	**Pb**	**Se**	**Sr**	**Zn**	**Br**	الرقم
<0.0001	0.00058	**0.07012**	<0.0001	0.00019	0.0006	0.0001	0.02471	0.00107	0.0038	0.00011	0.00971	2.79225	0.00042	2.2	١ع ج ش
<0.0001	0.0019	**0.0766**	<0.0001	**0.005**	0.0122	0.0003	0.0123	0.0095	0.0134	**0.0291**	**0.0186**	1.1205	0.0001	1.4	٢ع ج ش
V	**U**	**Tl**	**Ta**	**Sn**	**Sb**	**Rb**	**Li**	**I**	**Hg**	**Cs**	**Bi**	**Be**	**B**	**As**	الرقم
0.0102	**0.01487**	<0.0001	<0.0001	0.0001	0.00194	0.0006	**0.00667**	0.13063	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	**0.59921**	0.00653	١ع ج ش
0.01456	**0.01291**	<0.0001	<0.0001	0.00017	**0.0291**	0.00069	**0.00599**	0.1787	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	**0.53289**	0.00517	٢ع ج ش
نتائج الآبار داخل مكة (١) شمال شرق															
Ag	**Al**	**Ba**	**Cd**	**Co**	**Cr**	**Mn**	**Mo**	**Ni**	**P**	**Pb**	**Se**	**Sr**	**Zn**	**Br**	الرقم
<0.0001	0.00074	0.0225	<0.0001	**0.004**	0.0023	0.0001	0.002429	0.00106	0.1246	**0.0308**	**0.123**	0.286	0.0056	0.25	١غ ش ش
<0.0001	0.0001	0.0296	<0.0001	**0.0072**	0.0087	0.0347	0.007	0.0073	0.0208	**0.037**	**0.0196**	0.5808	0.0488	0.22	١ش ش ش
<0.0001	0.0011	0.01	<0.0001	**0.0019**	0.0012	0.0001	0.0162	0.0006	0.021	**0.0488**	0.00378	0.3354	0.0004	0.38	٤ش ش ش
<0.0001	0.0239	0.0152	0.0001	**0.0024**	0.0004	0.0025	0.0042	0.0015	0.0001	**0.0127**	**0.0199**	0.6586	0.00026	1.46	٥ش ش ش
V	**U**	**Tl**	**Ta**	**Sn**	**Sb**	**Rb**	**Li**	**I**	**Hg**	**Cs**	**Bi**	**Be**	**B**	**As**	الرقم
0.03618	**0.0028**	<0.0001	<0.0001	0.00011	0.00378	0.01074	**0.00083**	0.03184	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.28871	**0.02712**	١غ ش ش
0.0023	**0.0055**	<0.0001	<0.0001	0.00018	0.0009	0.00053	**0.01199**	0.11502	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.3853	0.00321	١ش ش ش
0.04023	0.00118	<0.0001	<0.0001	0.0001	0.00092	0.00077	**0.00109**	0.21253	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.49821	0.00545	٤ش ش ش
0.03642	**0.00593**	<0.0001	<0.0001	0.00015	0.00119	0.0001	**0.00175**	0.23002	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	**0.79576**	0.00267	٥ش ش ش

جنوب غرب مكة المكرمة، وبلغت الآبار المتجاوزة للحدود المسموح بها ٣ من أصل ٢٥ بئرا في هذه المرحلة.وبلغت أعلى قيمة تركيز للالمونيوم ٠.٢١٢ مجم/لتر للبئر رقم (٤ س ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، واقل قيمة ٠.٠٠٠١ مجم/لتر في عدة آبار في المنطقتين (١) شمال شرق و (٢) غرب مكة المكرمة، وبلغت الآبار المتجاوزة للحدود المسموح بها ١ من أصل ٢٥ بئرا في هذه المرحلة. و سجل أعلى تركيز للفضة ٠.٠٠٠٤ مجم/لتر للبئر رقم (٢ ا ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، و سجلت اقل قيمة اقل من ٠.٠٠٠١ مجم/لتر في جميع المناطق، ولم تتجاوز الآبار الحدود المسموح بها للفضة في هذه المرحلة.

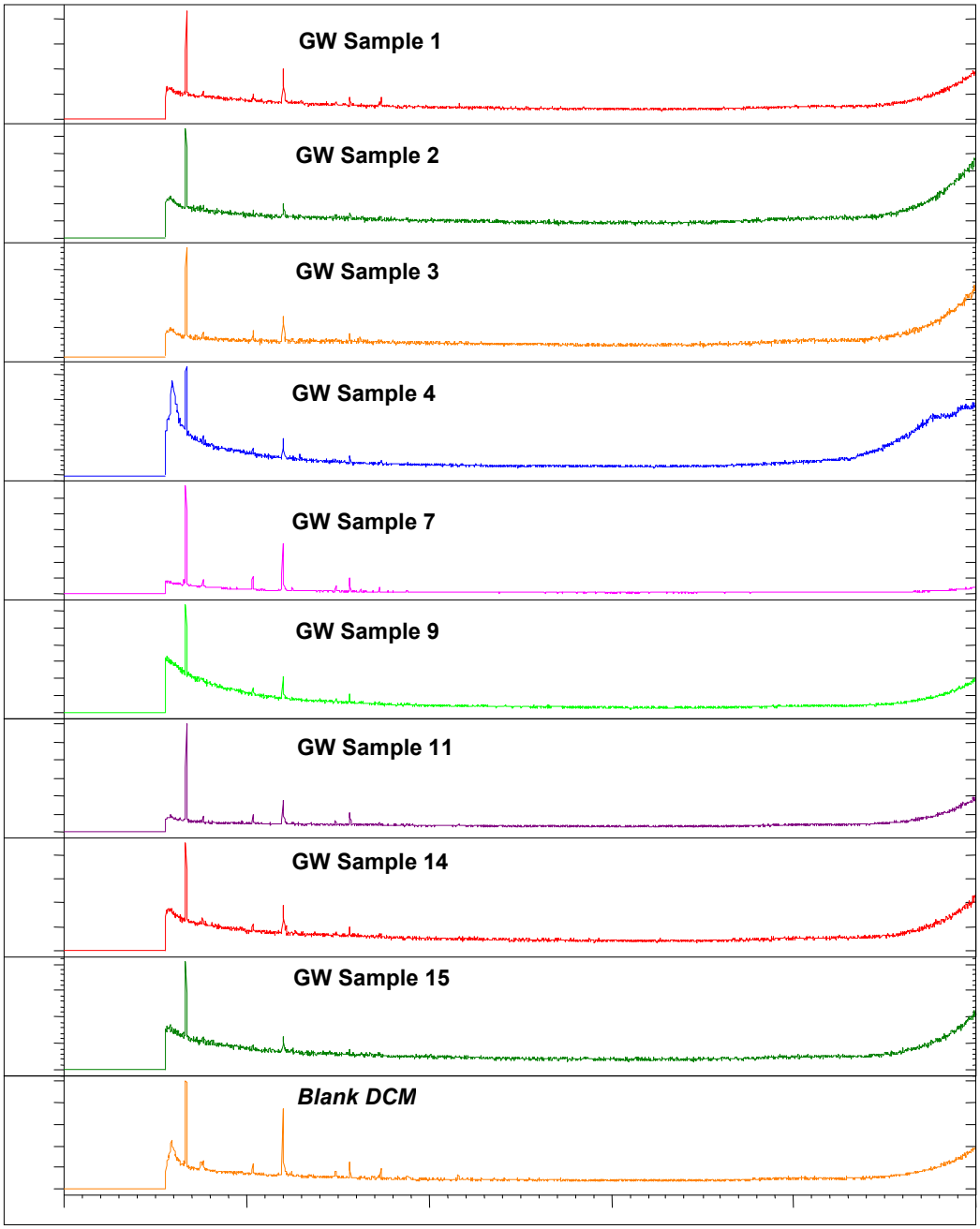
3-2-4الاختبارات الكيميائية للمرحلة الثانية (الزيوت والمشتقات البترولية)

تؤكد الاختبارات التي عملت خلو جميع عينات المياه المختبرة من الزيوت، والهيدوكربونات البترولية سواء المتطايرة وشبة المتطايرة والسائلة وتوضح الأشكال رقم (٥،٤). التخطيط الكروماتوجرامي لبعض عينات المياه ويظهر التشابه بينها وبين الكروماتوجرام الخاص بالبلانك، وبذلك تكون المياه الجوفية حتى تاريخه بعيدة عن التلوث بالمشتقات البترولية.

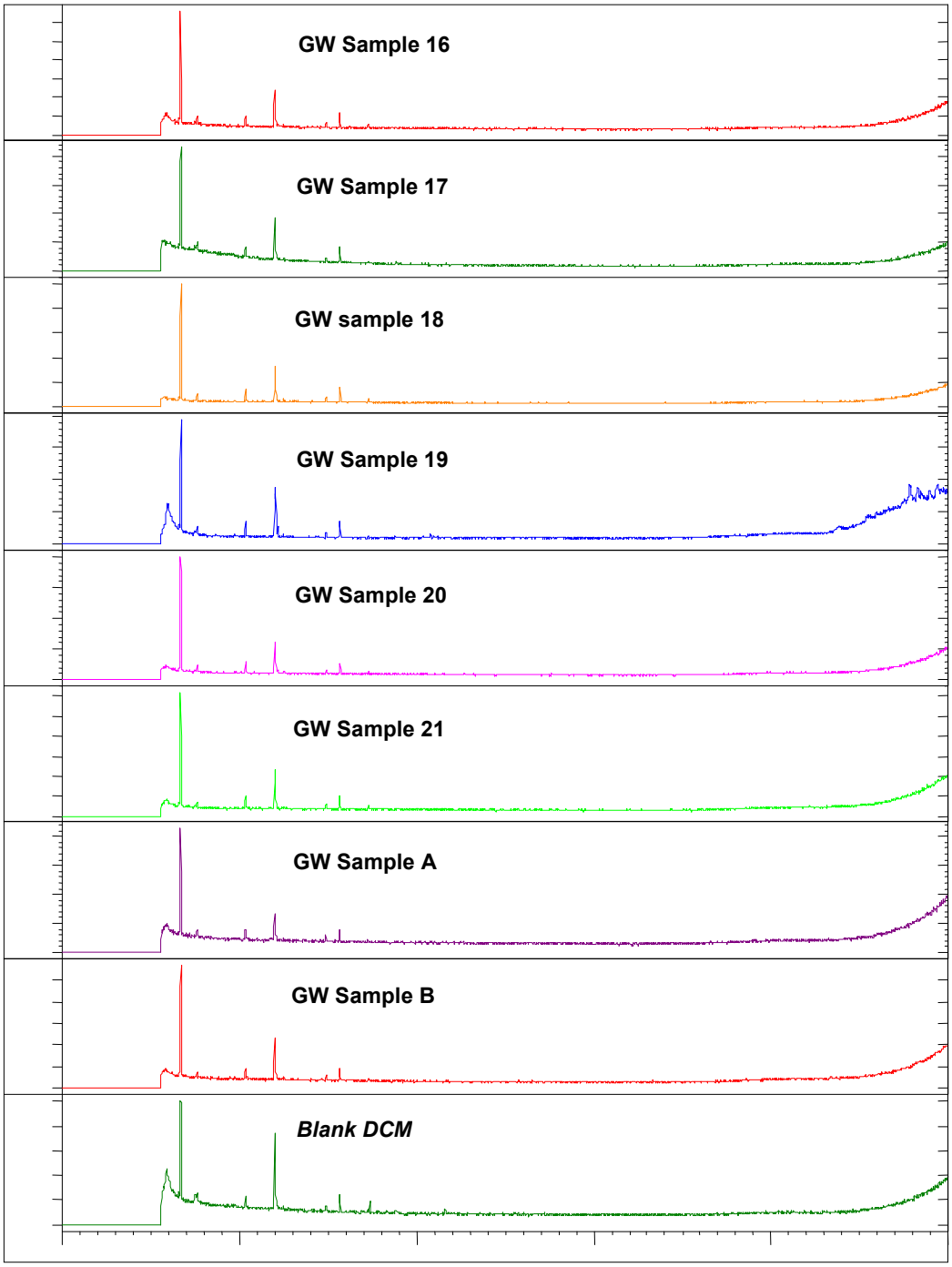
3-2-5اختبار المبيدات

تم في هذه الدراسة الكشف عن المجموعة التالية من المبيدات:

P,P-DDT، 4,4 DDT، 2,4 DDT، Diazinon، Dialdrin، Chlorpyrifos، Aldrin، Atrazine Methoxy chlor، Lindan، Heptachlor Epoxid، Heptachlor، O,P.DDT وأخير y- BHC وذلك من خلال البحث عن المركبات التي لها وزن جزيئي من ٥٠ إلي ٥٥٠ كمسح أولي على ثلاث عينات بعد ذلك تم الكشف عن المبيدات المذكورة أعلاه، حيث أن بعض هذه المبيدات من ضمن المبيدات المطلوب الكشف عليها في المواصفة السعودية رقم (١٩٩٣/١٤٩). وأوضحت النتائج خلو جميع عينات المياه من المبيدات ما عدا خمسة عينات كانت إيجابية لمبيد Diazinon، في بئر بمنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة والثاني في بئر بمنطقة (٣) جنوب شرق مكة المكرمة، والثلاثة الباقية في منطقة وادي النعمان كما هو موضح في تقارير النتائج في ملحق (٤) حيث تعني النتيجة الإيجابية أن تركيز المبيد أكثر من ١٠ Part Per billion (ppb) في العينة كما هو موضح في الشكل (٦) الذي يوضح احد العينات الإيجابية للبئر (١٧ ش) الواقعة في وادي النعمان .



الشكل 4. التخطيط الكروماتوجرامي لبعض عينات المياه وهي سلبية من المشتقات البترولية



الشكل 5. التخطيط الكروماتوجرامي لبعض عينات المياه مع البلانك

6-2-3 الاختبارات الميكروبيولوجية للمرحلة الثانية

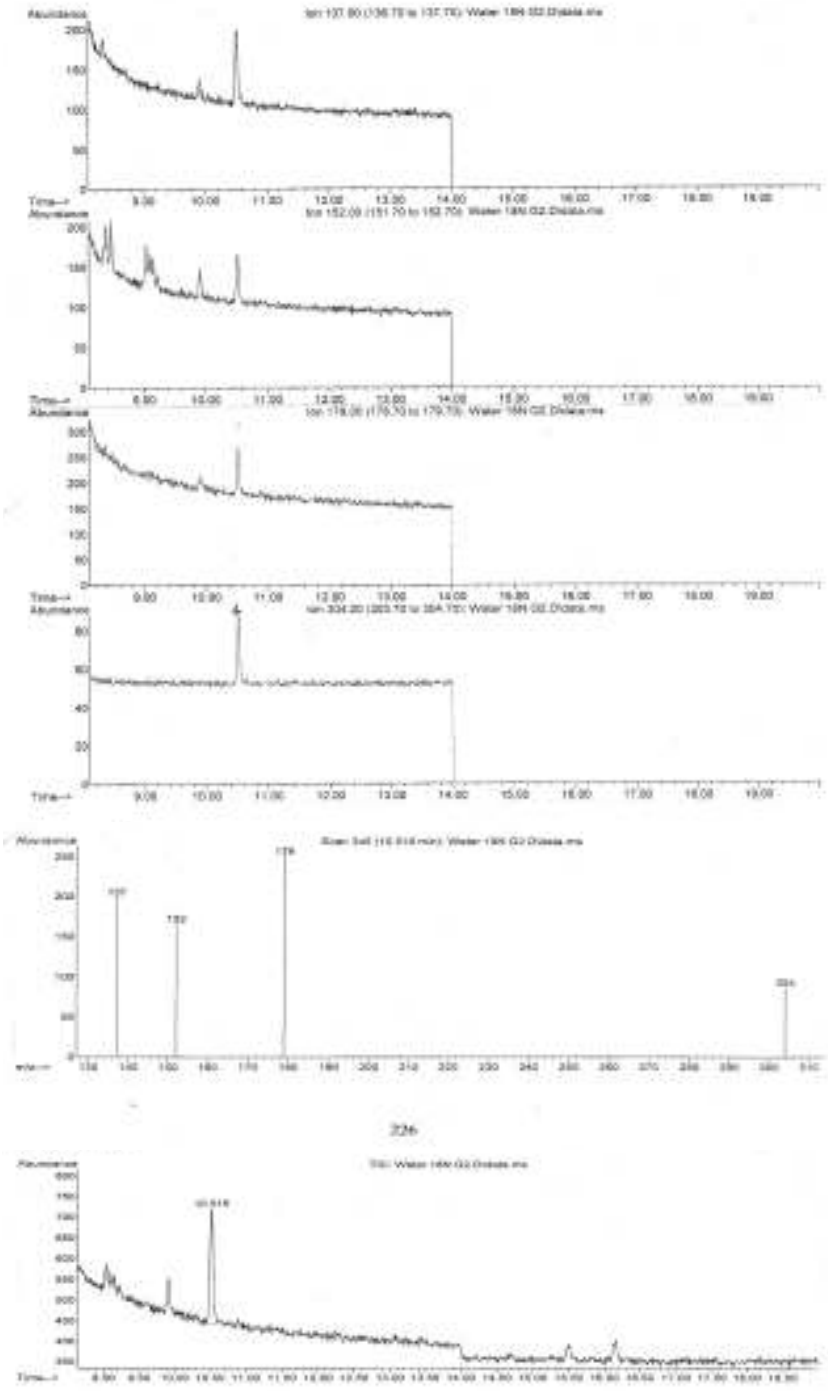
أوضحت نتائج الكشف عن اختبار العدد الأكثر احتمالا، العد الكلي للبكتيريا، الكشف عن مجموعة القولون، بكتيريا *E.coli*، الكشف عن الكوليرا والسلمونيلا، و الكشف عن الفطريات لجميع الآبار المختارة داخل حدود الحرم لمدينة مكة المكرمة و الآبار المختارة بمنطقتي وادي النعمان والحسينية ما يلي.

- داخل حدود الحرم لمدينة مكة المكرمة

كما يتضح من الجدول رقم (٤٦) فان جميع الآبار في المناطق (١) و (٣) داخل حدود الحرم لمدينة مكة المكرمة كانت إيجابية لمجموعة القولون، و ستة آبار من أصل سبعة كانت إيجابية لمجموعة القولون بمنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، وثماني عينات من أصل اثني عشر كانت إيجابية لمجموعة القولون في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة. وكانت ٥٠% من آبار المنطقتين (١) و (٣) إيجابية لبكتيريا الأيشريشيا كولأي في حين كانت خمسة آبار إيجابية لبكتيريا الأيشريشيا كولأي من أصل سبعة في منطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، بالمقابل كانت تسعه عينات إيجابية لبكتيريا الأيشريشيا كولأي من أصل اثني عشر في منطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة. وكانت جميع الآبار سلبية لبكتيريا السلمونيلا والكوليرا. وكانت عينتان إيجابيتان لوجود الفطريات في منطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، وعينة إيجابية من أصل اثنين في منطقة (٣) جنوب شرق مكة المكرمة. وقد بلغت الآبار الغير صالحة بكتيريولوجيا وذلك لتجاوز العدد الأكثر احتمالا الحدود المسموح بها حسب المواصفات السعودية خمسة عشر بئر من أصل خمسه وعشرون. بالمقابل وصلت نسبة الآبار الغير صالحة ميكروبيولوجيا داخل مكة المكرمة النسب التالية: كانت أعلى نسبة في المنطقة (٣) جنوب شرق بنسبة ١٠٠% ثم المنطقة (٢) شمال غرب و المنطقة (١) شمال شرق بنسبة 75%، وبلغت المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة 71%. وكانت أعلى قيمة للعد الكلي ٨٥٠٠ CFU/١٠٠مل في منطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة والمتوسط ٢٧٧٣.٧ CFU/١٠٠مل.

- منطقة الحسينية

كما يتضح من الجدول رقم (٤٧) فان أربعة من أصل خمسة آبار كانت إيجابية لمجموعة القولون أي أن ٨٠% من الآبار إيجابية في منطقة الحسينية. وكانت ٦٠% من الآبار إيجابية لبكتيريا الأيشريشيا كولأي حيث كانت ثلاثة آبار إيجابية لبكتيريا الأيشريشيا كولأي من أصل خمسة. وكانت جميع الآبار سلبية لكل من بكتيريا السلمونيلا والكوليرا وكذلك للفطريات. وقد بلغ عدد الآبار الغير صالحة بكتيريولوجيا وذلك لتجاوز العدد الأكثر احتمالا عن الحدود المسموح بها حسب المواصفات السعودية اثنان من أصل خمسة آبار و بنسبة ٤٠%.



الشكل 6. عينة مياه للبئر ١٧ ش بوادي النعمان ايجابية لمبيد Diazinon

وكانت أعلى قيمة للعد الكلي ٤٠٠٠ 100/CFUمل، واقل قيمة ١٧٠ CFU/١٠٠مل، والمتوسط ١٧٢٥.٧ CFU/ ١٠٠مل.

- منطقة وادي النعمان

أوضحت النتائج بالجدول رقم (٤٧) أن خمسة من أصل احد عشر بئر من آبار وادي النعمان كانت إيجابية لمجموعة القولون وبنسبة ٤٥.٤٥%. و كانت ثلاثة آبار إيجابية لبكتيريا الأيشريشيا كولأي من أصل احد عشر بئر و بنسبة ٢٧.٢٧%. وكانت جميع الآبار سلبية لكل من بكتيريا السلمونيلا والكوليرا. وكانت أربع آبار إيجابية للفطريات. وقد بلغ عدد الآبار الغير صالحة بكتيريولوجيا وذلك لتجاوز العدد الأكثر احتمالا الحدود المسموح بها حسب المواصفات السعودية أربع من أصل احد عشر بئر، حيث وصلت النسبة ٣٦.٣٦%. وكانت أعلى قيمة للعد الكلي ٨٠٠٠ CFU/ ١٠٠مل للبئر (٤ ش)، واقل قيمة ٧٠ CFU/ ١٠٠مل وكانت للبئر (١٠ش)، والمتوسط ٢٤٧٤.٦ CFU/١٠٠مل.

3-2-7اختبار الأنشطة الإشعاعية

أوضحت نتائج التقرير الصادر من قسم الهندسة النووية بجامعة الملك عبد العزيز بجدة حسب الإمكانيات المتوفرة أن أهم العناصر المشعة التي تم الكشف عنها هي جسيمات جاما المنبعثة من الرصاص (^{214}Pb) و البثموس (^{214}Bi) المتولد من الرادون (^{226}Ra) الناتج عن سلسلة العناصر المشعة المتولدة من تحلل اليورانيوم (^{238}U) الذي يمر بسلسلة من التحولات تبدأ منه إلي (^{206}Pb)المستقر، ومن متسلسلة الثوريوم (^{232}Th) تم الكشف عن الاكتيوم (^{228}Ac) و البثموس (^{212}Bi) و التلنيوم (^{208}Tl) الناتج من تحلل الثوريوم (^{232}Th) الذي يبدأ منه إلي (^{208}Pb) المستقر، وكذلك البوتاسيوم (^{40}K) الذي يتواجد في الماء على شكل أملاح البوتاسيوم، وقد كانت جميع النتائج ضمن الحدود الطبيعية ولم تصل للحدود القصوى للمياه وهي١١بيكوكوري/لتر، حسب التشريعات الصادرة من الوكالة الأمريكية لحماية البيئة، كما هو موضح في تقارير النتائج المرفقة في الملحق رقم (٥).

جدول ٤٦. النتائج الميكروبيولوجيه للمرحلة الثانية لمجموعة من الآبار داخل مكة المكرمة الجزء الشمالي الشرقي، الشمالي الغربي، الجنوب الشرقي و الجنوبي الغربي

نتائج الآبار داخل مكة (٤) جنوب غرب							
الرقم	MPN	*E.coli*	Coliform	*Salmonella*	*Cholera*	Fungi	TC
١ك ج غ	2.2	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي	80
٢ك ج غ	**16>**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي	3100
٤س ج غ	**16>**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	**ايجابي**	سلبي	6000
٥س ج غ	5.2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي	500
٦س ج غ	**16>**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي	1000
٢ص ج غ	0	سلبي	سلبي	سلبي	سلبي	سلبي	0
٦ص ج غ	2.2	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي	400

نتائج الآبار داخل مكة (٣) جنوب شرق							
الرقم	MPN	*E.coli*	Coliform	*Salmonella*	*Cholera*	Fungi	TC
١ع ج ش	**16>**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**	5000
٢ع ج ش	**16>**	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي	8000

نتائج الآبار داخل مكة (٢) شمال غرب							
الرقم	MPN	*E.coli*	Coliform	*Salmonella*	*Cholera*	Fungi	TC
٢ز ش غ	0	سلبي	سلبي	سلبي	سلبي	سلبي	20
٣ز ش غ	**16>**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي	1200
٤ز ش غ	2.2	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي	30
٥ز ش غ	0	سلبي	سلبي	سلبي	سلبي	سلبي	0
٦ز ش غ	**16>**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي	سلبي	1400
٧ز ش غ	**16>**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي	1400
١٢ش غ	**16>**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي	2800
١٣ش غ	**16>**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	**ايجابي**	سلبي	8300
١٥ش غ	**16>**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	**ايجابي**	سلبي	8500
١٦ش غ	**16>**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	**ايجابي**	سلبي	7700
١٨ش غ	**16>**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**	1600
١١٢ش غ	0	سلبي	سلبي	سلبي	سلبي	**ايجابي**	100

نتائج الآبار داخل مكة (١) شمال شرق							
الرقم	MPN	*E.coli*	Coliform	*Salmonella*	*Cholera*	Fungi	TC
١غ ش ش	5.1	**ايجابي**	**إيجابي**	سلبي	سلبي	سلبي	800
١ش ش ش	**16>**	**ايجابي**	**إيجابي**	سلبي	سلبي	سلبي	1260
٤ش ش ش	**16>**	سلبي	**إيجابي**	سلبي	سلبي	سلبي	700
٥ش ش ش	5.1	سلبي	**إيجابي**	سلبي	سلبي	سلبي	6500

جدول ٤٧. النتائج الميكروبيولوجيه للمرحلة الثانية لمجموعة من الآبار بوادي النعمان والحسينية

نتائج مجموعة من آبار وادي النعمان شرق مكة							
TC	**Fungi**	***cholera***	***Salmonella***	**Coliform**	***E.coli***	**MPN**	الرقم
٨٠٠٠	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**	سلبي	**16<**	٤ش
4800	سلبي	سلبي	سلبي	**ايجابي**	**ايجابي**	**16<**	٦ش
80	سلبي	سلبي	سلبي	**ايجابي**	سلبي	0	٨ش
4000	سلبي	سلبي	سلبي	**ايجابي**	**ايجابي**	**16<**	٩ش
70	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي	سلبي	0	١٠ش
1670	سلبي	سلبي	سلبي	سلبي	سلبي	0	١١ش
480	سلبي	سلبي	سلبي	سلبي	سلبي	0	١٤ش
300	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي	سلبي	0	١٦ش
200	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي	سلبي	0	١٧ش
2800	سلبي	سلبي	سلبي	**ايجابي**	**ايجابي**	**16<**	٢٦ش
1700	سلبي	سلبي	سلبي	سلبي	سلبي	0	٣٠ش
نتائج مجموعة من آبار الحسينية جنوب مكة							
TC	**Fungi**	***cholera***	***Salmonella***	**Coliform**	***E.coli***	**MPN**	الرقم
1170	سلبي	سلبي	سلبي	**ايجابي**	**ايجابي**	**16**	١ج
170	سلبي	سلبي	سلبي	سلبي	سلبي	0	٢ج
1700	سلبي	سلبي	سلبي	**ايجابي**	**ايجابي**	5.1	٣ج
870	سلبي	سلبي	سلبي	**ايجابي**	**ايجابي**	**16<**	٤ج
4000	سلبي	سلبي	سلبي	**ايجابي**	سلبي	2.2	٥ج

3-3المرحلة الثالثة

شملت المرحلة الثالثة اختيار نفس الآبار الخمسة وعشرون بئر التي اختيرت في المرحلة الثانية داخل مكة المكرمة وكانت ضمن آبار المرحلة الأولى، وذلك لمقارنة النتائج لهذه الآبار خلال ثلاثة سنوات وشملت الاختبارات التالية: الكشف عن مدى صلاحية الآبار ميكروبيا بطريقة العدد الأكثر احتمالا وكذلك إجراء عد كلي للبكتيريا والكشف عن مسببات الإسهال البكتيرية مثل الايشيريشيا كولأي، الكوليرا و السلمونيلا، والكشف عن الفطريات، بالإضافة إلى الكشف عن بكتيريا الميكوباكتريم البيئية والرئوية. أيضا تم الكشف عن عناصر الجودة الفيزيوكيميائية التي تمت في المرحلتين الأولي والثانية، وهي اللون، الرائحة، الطعم، العكاره، درجة التوصيل الكهربائية، درجة الأس الهيدروجيني، مجموع الأملاح الذائبة و العسر الكلي. و الاختبارات الكيميائية التي تمت في المرحلة الأولى والثانية، مثل الكشف عن الانيونات والكتيونات وكذلك العناصر الشحيحة والمشعة لمقارنتها بنتائج المرحلة الثانية.

3-3-1الاختبارات الفيزيائية و الفيزيوكيميائية للمرحلة الثالثة

تم تحليل خمسة وعشرون عينة من الآبار داخل حدود مدينة مكة المكرمة وكانت النتائج حسب ما هو موضح في الجدول رقم (٤٨). إذ بلغت أقصى قيمة لدرجة التوصيل الكهربائية في الآبار داخل مكة المكرمة ٦٨٧٠ µS/cm وكانت للبئر (٦ س ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، واقل قيمة ٩٨٥ µS/cm وكانت للبئر (٤ زش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، والمتوسط ٢٢٨٤.١٣µS/cm وهو أعلى من متوسط المرحلة الثانية البالغ ٢٢٢٥.١٢ µS/cm، ومن متوسط المرحلة الأولى البالغ ١٩٢٩.١٢ µS/cm، ويوضح الشكل رقم (٧) مقارنة للوسيط للثلاث مراحل للأعوام ٢٠٠٦م، ٢٠٠٧م، ٢٠٠٨م لنفس الآبار الخمسة وعشرين. وبلغت أعلى قيمة للأملاح الكلية الذائبة ٣٤٠٠ مجم/لتر وكانت للبئر (٦ س ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، واقل قيمة ٤٧٤ مجم/لتر كانت للبئر (٤ ز ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، وكان المتوسط ١١٩١.٧٦مجم/لتر وهو قريب لمتوسط المرحلة الثانية البالغ ١٢٠٠ مجم/لتر، وأعلى من متوسط المرحلة الأولى البالغ ٩٨٤.٦٣ مجم/لتر، ويوضح الشكل رقم (٧) مقارنة للوسيط للثلاث مراحل للأعوام ٢٠٠٦م، ٢٠٠٧م، ٢٠٠٨م لنفس الآبار الخمسة وعشرين. أما درجة الأس الهيدروجيني فبلغت أعلى قيمة ٧.٧٩ وكانت للبئر (٤ ز ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، واقل قيمة ٦.٣٤ وكانت للبئر (١٢ ش غ) الواقع في نفس المنطقة، والمتوسط ٧.١٤ وهو اقل من متوسط المرحلة الثانية البالغ ٧.٧٥، ومن متوسط المرحلة الأولى البالغ ٧.٧٨، ويوضح الشكل

رقم (٨) مقارنة للوسيط للثلاث مراحل للأعوام ٢٠٠٦م، ٢٠٠٧م، ٢٠٠٨م لنفس الآبار الخمسة وعشرين. أما درجة العكاره فبلغت أعلى قيمة ٠.٧٨١ NTU وكانت للبئر (٤ س ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، واقل قيمة ٠.٠٢٨ NTU وكانت للبئر (٥ زش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، وبلغ المتوسط ٠.٣٣٦ NTU وهو قريب من متوسط المرحلة الثانية والأولى البالغ ٠.٣٢٤٨ و ٠.٣١٥٦ NTU، على التوالي، ويوضح الشكل رقم (٨) مقارنة للوسيط للثلاث مراحل للأعوام ٢٠٠٦م،٢٠٠٧م،٢٠٠٨م لنفس الآبار الخمسة وعشرين. وبلغت أعلى قيمة لدرجة العسر الكلي ١٢٨٠ مجم/لتر وكانت للبئر (٦ س ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، وأقل قيمة ٨٠ مجم/لتر كانت للبئر (٤ زش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، و بلغ المتوسط ٤٦٤.٢٨ مجم/لتر وهو مساوي لمتوسط المرحلة الأولى البالغ 464.9 مجم/لتر، و اقل من متوسط المرحلة الثانية البالغ ٥٨٩.٩ مجم/لتر. ويوضح الشكل رقم (٨) مقارنة لوسيط العسر الكلي للثلاث مراحل للأعوام ٢٠٠٦م، ٢٠٠٧م، ٢٠٠٨م لنفس الآبار الخمسة وعشرين. ولم تسجل أي عينة إيجابية للرائحة مثل المرحلتين السابقة. ولم تسجل أي عينة إيجابية للكشف عن اللون بعكس المرحلة الثانية والأولى التي سجلت نسبة ٤% من الآبار إيجابية. ولم تسجل أي عينة إيجابية للطعم بعكس المرحلتين الأولى و الثانية التي كانت نسبة الآبار الإيجابية فيها للطعم ٣٦% و ١٦%، على التوالي.

3-3-2الاختبارات الكيميائية الأساسية للمرحلة الثالثة

تم تحليل احد عشر مؤشر من عناصر الجودة لمراقبة المياه الجوفية مثل المرحلة الأولى وكانت ضمن عناصر المرحلة الثانية، كما هو موضح في الجداول (٥٠،٤٩). وبلغت أعلى قيمة للفلورايد ١.٦٤ مجم/لتر وكانت للبئر (٢ ص ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، واقل قيمة ٠.٠١ مجم/لتر و كانت للبئر (٥ ش ش ش) الواقع في المنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة، وبلغ المتوسط ٠.٦٧٨٤ مجم/لتر، وهو اقل من متوسط المرحلة الأولى البالغ ٠.٨٩٨ مجم/لتر ومن متوسط المرحلة الثانية البالغ ٠.٧٢٢ مجم/لتر، ويوضح الشكل رقم (٩) مقارنة للوسيط للثلاث مراحل للأعوام ٢٠٠٦م،٢٠٠٧م،٢٠٠٨م لنفس الآبار. ما الصوديوم فكانت أعلى قيمة ١٣٥.٦ مجم/لتر للبئر (١ ع ج ش) الواقع في منطقة (٣) جنوب شرق مكة المكرمة، واقل قيمة كانت ٤٤ مجم/لتر للبئر (١غ ش ش) الواقع في المنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة، وبلغ المتوسط ٨٠.٧٥٧ مجم/لتر وهو اقل من متوسط المرحلة الأولى البالغ

١١٣.٢٤ مجم/لتر، ومن متوسط المرحلة الثانية البالغ ١٢٨.٣٥ مجم/لتر، ويوضح الشكل رقم (٩) مقارنة للوسيط للثلاث مراحل للأعوام ٢٠٠٦م، ٢٠٠٧م، ٢٠٠٨م لنفس الآبار.

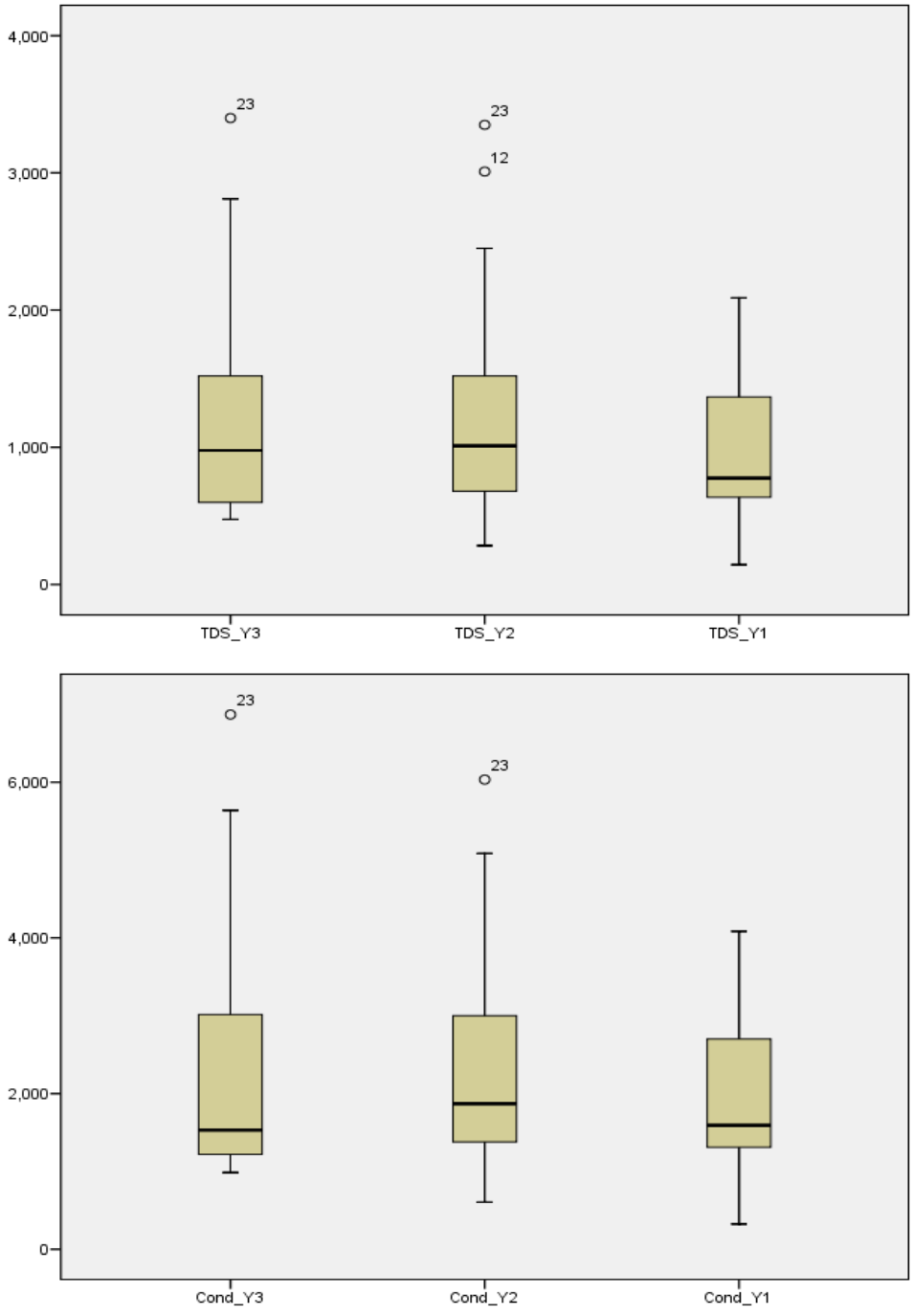
جدول ٤٨. النتائج الفيزيوكيميائية للمرحلة الثالثة لمجموعة من الآبار داخل مكة المكرمة (١) شمال شرق (٢) شمال غرب (٣) جنوب شرق (٤) جنوب غرب

نتائج الآبار داخل مكة (٤) جنوب غرب								
الرقم	Taste	Odour	Color	Turb.	pH	TDS	Cond.	TH
١ك ج غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.249	7.1	638	1330	168
٢ك ج غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.250	7.0	977	**1980**	320
٤س ج غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.781	7.01	**1290**	**2595**	464
٥س ج غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.470	7.12	**1520**	**3070**	440
٦س ج غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.465	6.60	**3400**	**6870**	**1280**
٢ص ج غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.215	7.01	557	1095	120
٦ص ج غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.275	7.12	783	1530	200

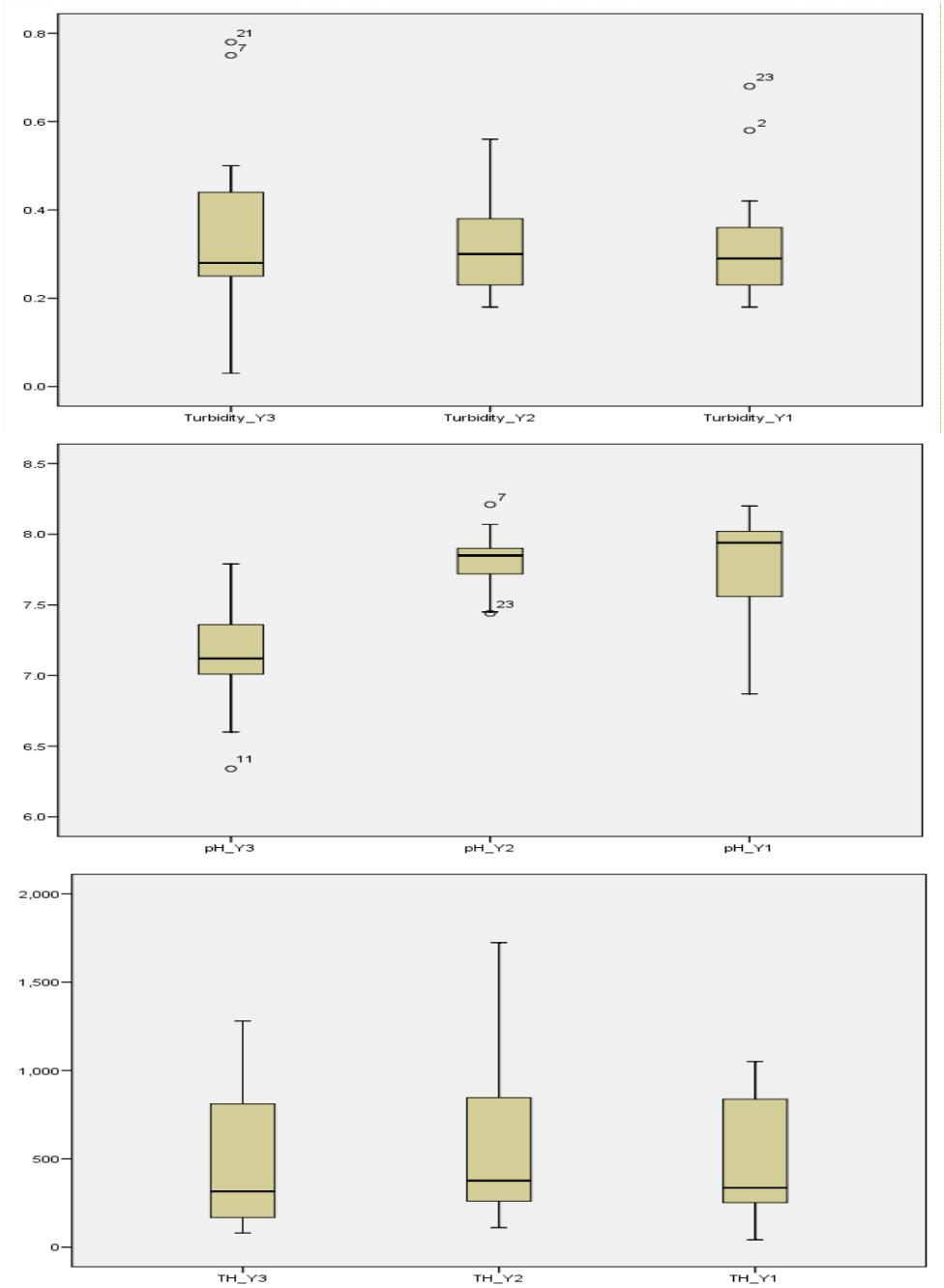
نتائج الآبار داخل مكة (٢) شمال غرب								
الرقم	Taste	Odour	Color	Turb.	pH	TDS	Cond.	TH
٢ز ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.283	7.68	637	1318	104
٣ز ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.353	7.53	524	1081	116
٤ز ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.749	7.79	474	985	80
٥ز ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.028	7.43	590	1218	160
٦ز ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.206	7.36	658	1348	168
٧ز ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.254	7.47	570	1157	152
١٢ ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.198	6.34	**1930**	**3820**	**1100**
١٣ ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.437	6.95	**1850**	**3720**	**760**
١٥ ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.254	6.8	**2810**	**5638**	**880**
١٦ ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.452	7.21	**2310**	**4645**	**848**
١٨ ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.310	7.20	842	**1690**	**1000**
١١٢ ش غ	مقبول	مقبولة	بدون	0.191	7.21	**1150**	**2320**	316

نتائج الآبار داخل مكة (٣) جنوب شرق								
الرقم	Taste	Odour	Color	Turb.	pH	TDS	Cond.	TH
١ع ج ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.4	7.01	**1125**	1230	**956**
٢ع ج ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.3	6.98	**1503**	1023	**811**

نتائج الآبار داخل مكة (١) شمال شرق								
الرقم	Taste	Odour	Color	Turb.	pH	TDS	Cond.	TH
١غ ش ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.35	7.012	501	1101.2	250
١ش ش ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.5	7.51	**1580**	**3015**	280
٤ش ش ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.19	7.01	598	1352	268
٥ش ش ش	مقبول	مقبولة	بدون	0.27	7.23	977	**1972**	320



الشكل 7. الوسيط للمراحل الثلاثة لدرجة التوصيل الكهربائية والأملاح الكلية الذائبة للآبار الخمسة وعشرين داخل مكة المكرمة



الشكل 8. الوسيط للمراحل الثلاثة للعسر الكلي و درجة العكاره والأس الهيدروجيني للآبار الخمسة وعشرين داخل مكة المكرمة

أوسجلت أعلى قيمة للبوتاسيوم ٧٠ مجم/لتر و كانت للبئر (١غ ش ش) الواقع في المنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة، وأقل قيمة كانت للبئر (١ ع ج ش) الواقع في منطقة (٣) جنوب شرق مكة المكرمة وبلغت ٠.٠٠٣ مجم/لتر، وهذا أيضا موافق لنتائج المرحلة الأولى والثانية من حيث المناطق والتركيز لنفس الآبار، وكان المتوسط ٩.٨٧ مجم/لتر وهو أعلى من متوسط المرحلة الأولى البالغ ٨.٥٧ مجم/لتر و من متوسط المرحلة الثانية البالغ ٨.٦٨ مجم/لتر، ويوضح الشكل رقم (٩) مقارنة للوسيط للثلاث مراحل للأعوام ٢٠٠٦م ،٢٠٠٧م، ٢٠٠٨م لنفس الآبار الخمسة والعشرين. وقد بلغت أعلى قيمة تركيز للمغنسيوم ١٥١.٢ مجم/لتر للبئر (٢ ا ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، واقل قيمة ٦.٧٢ مجم/لتر وكانت للبئر (٢ ص ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، وبلغ المتوسط ٣٨.١٤ مجم/لتر، و هو اقل من متوسط المرحلة الأولى البالغ ٤٧.٣ مجم/لتر ومن متوسط المرحلة الثانية البالغ ٤٥.٥٨ مجم/لتر، ويوضح الشكل رقم (١٠) مقارنة للوسيط للثلاث مراحل للأعوام ٢٠٠٦م، ٢٠٠٧م، ٢٠٠٨م لنفس الآبار الخمسة والعشرين. أما الكالسيوم فكانت أعلى قيمة ٤٠٦.٤ مجم/لتر للبئر (٦ س ج غ)، في حين كانت اقل قيمة ١٤.٤ مجم/لتر للبئر (٤ ز ش غ)، وهما من آبار المنطقة (٤) جنوب غرب ومنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، على التوالي. وبلغ المتوسط ١١٣.٣٧ مجم/لتر، وهو اقل من متوسط المرحلة الأولى البالغ ١٢١.٤ مجم/لتر ومن متوسط المرحلة الثانية البالغ١٢٨.٠١ مجم/لتر، ويوضح الشكل رقم (١٠) مقارنة لوسيط الكالسيوم للثلاث مراحل للأعوام ٢٠٠٦م، ٢٠٠٧م، ٢٠٠٨م لنفس الآبار الخمسة و العشرين. وسجلت أعلى قيمه لتركيز للنحاس ٢.٢٩ مجم/لتر للبئر (٢ ا ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، واقل قيمة سجلت ٠.٠٠٤ مجم/لتر و كانت للبئر (١ غ ش ش) الواقع في المنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة، وبلغ المتوسط ٠.١٦٣ مجم/لتر، وهو أعلى من متوسط المرحلة الأولى البالغ ٠.١٢٣ مجم/لتر، و من متوسط المرحلة الثانية البالغ ٠.٠١٢٣ مجم/لتر، ويوضح الشكل رقم (١٠) مقارنة للوسيط للثلاث مراحل للأعوام ٢٠٠٦م، ٢٠٠٧م، ٢٠٠٨م لنفس الآبار الخمسة والعشرين. في المقابل سجل الحديد أعلى قيمة ٠.٠٩١ مجم/لتر للبئر (٢ ا ش غ) واقل قيمة ٠.٠١١ مجم/لتر للبئر (٢ ز ش غ)، وكلاهما من آبار المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، وكان المتوسط ٠.٠٣٣٢ مجم/لتر وهو قريب من متوسط المرحلة الأولي ٠.٠٣٤٣ مجم/لتر ومن متوسط المرحلة الثانية ٠.٠٣٠٤ مجم/لتر، ويوضح الشكل رقم (١١) مقارنة للوسيط للثلاث مراحل للأعوام ٢٠٠٦م، ٢٠٠٧م، ٢٠٠٨م لنفس الآبار الخمسة والعشرين.

جدول ٤٩. النتائج الكيميائية للمرحلة الثالثة لمجموعة من الآبار داخل مكة المكرمة الجزء الشمالي الغربي والجنوبي الغربي

نتائج الآبار داخل مكة (٤) جنوب غرب											
NO_3	NO_2	SO_4	Cl	Fe	Cu	Ca	Mg	K	Na	F	الرقم
51.3	0.016	187.5	140.93	0.023	0.028	47.04	14.11	**36.1**	60.7	0.83	١ك ج غ
74.4	0.017	254	**269.96**	0.015	0.035	101.76	18.36	13.1	75	0.71	٢ك ج غ
96.8	0.015	**717.5**	**337.1**	0.07	0.105	87.2	**68.88**	**26.5**	86.2	0.56	٤س ج غ
104.6	0.021	**760**	**496.25**	0.055	0.22	126.24	**34.83**	19.6	95.9	0.73	٥س ج غ
365	0.033	**1427**	**1329.9**	0.044	0.55	**406.4**	**73.92**	**26.4**	131.5	1.44	٦س ج غ
42.7	0.026	179	111.1	0.035	0.074	38.4	6.72	0.6	63.7	1.64	٢ص ج غ
82.3	0.045	227	200.49	0.018	0.04	60	14	0.7	71.6	0.42	٦ص ج غ
نتائج الآبار داخل مكة (٢) شمال غرب											
NO_3	NO_2	SO_4	Cl	Fe	Cu	Ca	Mg	K	Na	F	الرقم
32.5	0.026	202.5	238.2	0.011	0.03	19.2	15.68	0.8	74.3	0.7	٢ز ش غ
9.6	0.01	50.1	234.2	0.024	0.018	25.6	14.56	1.3	61.8	0.12	٣ز ش غ
22.1	0.012	79.7	125.1	0.017	0.016	14.4	12.32	1.2	63.3	0.67	٤ز ش غ
41.4	0.02	169	248.1	0.023	0.086	36.8	19.04	0.8	66.3	0.02	٥ز ش غ
37.5	0.06	200	218.35	0.025	0.043	43.2	16.8	2	67.8	0.02	٦ز ش غ
36.6	0.014	174	204.45	0.040	0.042	28.8	22.4	0.8	65.3	1.08	٧ز ش غ
220.7	0.023	**667.5**	992.5	0.091	**2.29**	**224**	**151.2**	7.4	91	0.1	١٢ش غ
93.5	0.071	**940**	738.42	0.048	0.37	**288**	11.2	3.8	79	0.42	١٣ش غ
93.5	0.56	**1245**	758.27	0.035	0.33	**292.8**	**41.44**	5.6	125	1.25	١٥ش غ
80.1	0.085	**947.5**	416.85	0.026	0.165	184	**108.7**	5.4	101.1	0.51	١٦ش غ
40	0.051	292.5	151.3	0.033	0.011	88	21.84	1.7	72.2	1.09	١٨ش غ
60.7	**0.105**	**637.5**	271.95	0.017	0.095	97.6	20.16	3.3	80.2	0.29	١١٢ش غ

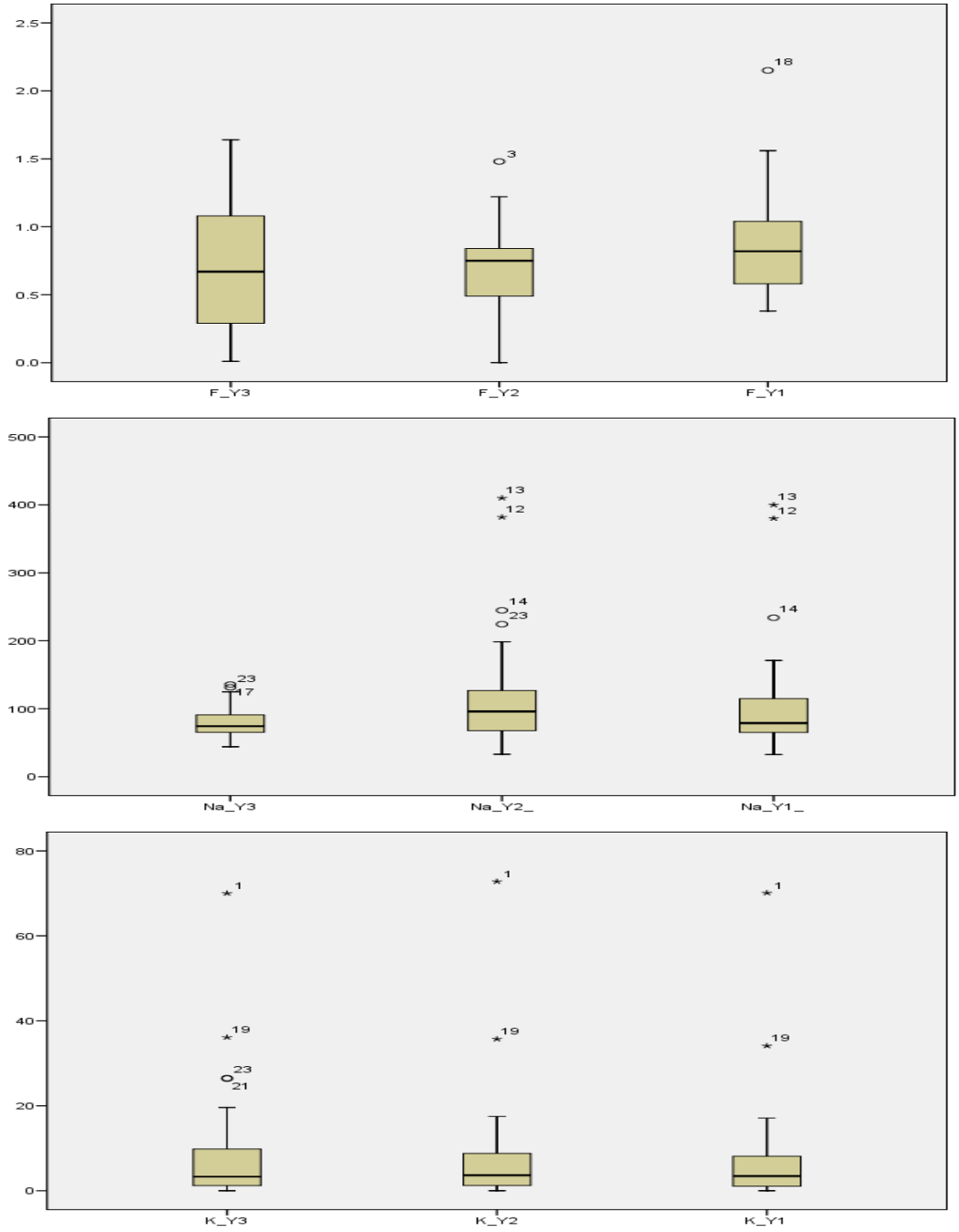
جدول ٥٠. النتائج الكيميائية للمرحلة الثالثة لمجموعة من الآبار داخل مكة المكرمة الجزء الشمالي الشرقي و الجنوبي الشرقي

بيان بنتائج الآبار داخل مكة (٣) جنوب شرق											
NO_3	**NO_2**	**SO_4**	**Cl**	**Fe**	**Cu**	**Ca**	**Mg**	**K**	**Na**	**F**	الرقم
330	0.098	**512**	**360**	0.051	0.066	**201**	**92.2**	0.003	135.6	1.32	١ع ج ش
233.0	0.03	230	150	0.013	0.021	159	61.2	3.2	50.01	1.30	٢ع ج ش
بيان بنتائج الآبار داخل مكة (١) شمال شرق											
NO_3	**NO_2**	**SO_4**	**Cl**	**Fe**	**Cu**	**Ca**	**Mg**	**K**	**Na**	**F**	الرقم
98	0.038	111.2	35	0.02	0.004	60	29	70	44	0.09	١غ ش ش
32.8	0.048	785	724.5	0.027	0.05	72.1	28.2	9.8	104.4	0.65	١ش ش ش
154.3	0.011	290.6	111	0.031	0.012	52.6	22.1	3.55	70.12	0.99	٤ش ش ش
79	0.01	**672**	**327.5**	0.037	0.065	78.4	**34.72**	3.1	82.9	0.01	٥ش ش ش

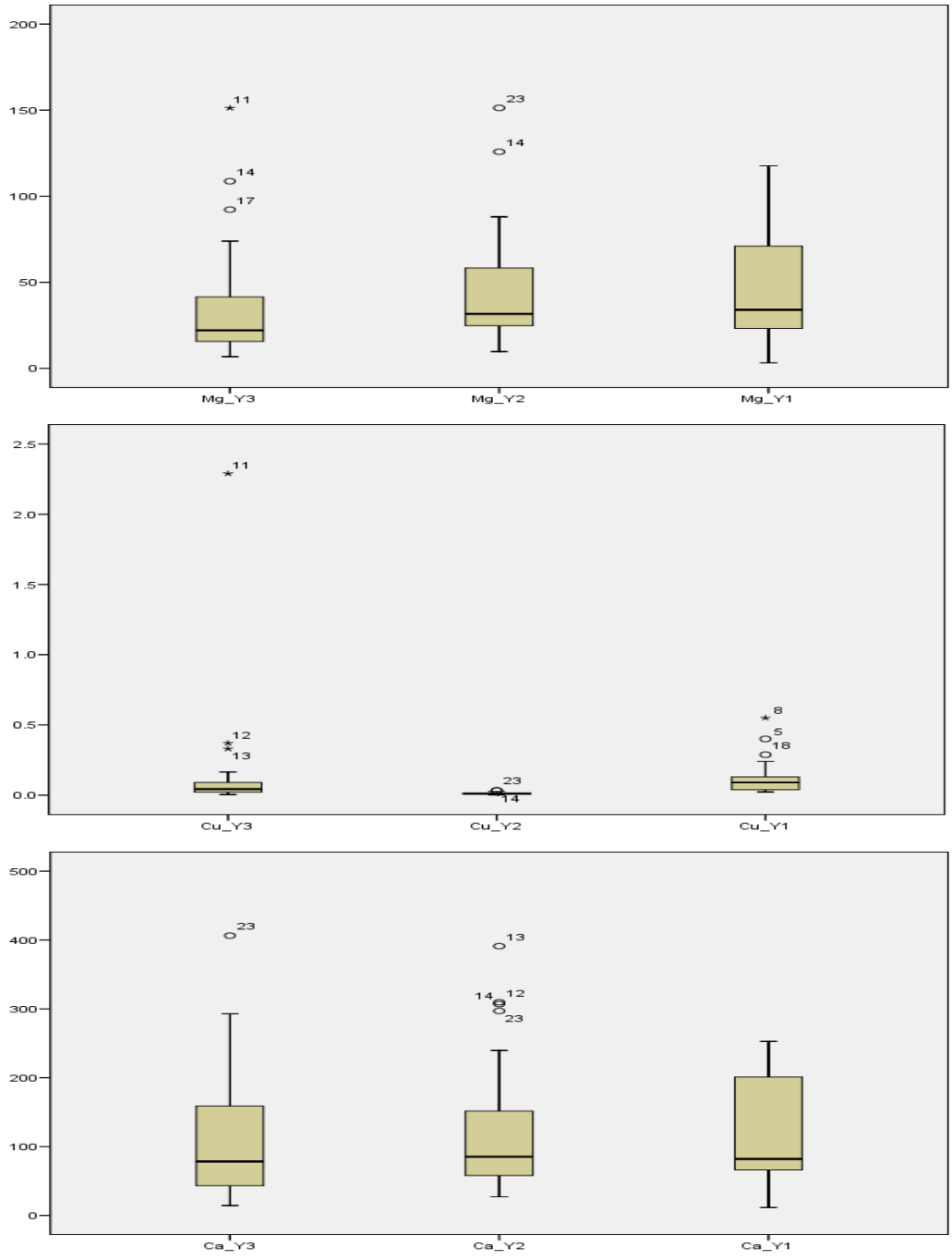
وبلغت أعلى قيمة للكلوريدات ١٣٢٩ مجم/لتر للبئر (٦ س ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة وهي ضعف أعلى قيمة في المرحلة الأولى ومقاربة للمرحلة الثانية، واقل قيمة ٣٥ مجم/لتر و كانت للبئر (١ غ ش ش) الواقع في المنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة، وكان المتوسط ٣٦١.٦٦ مجم/لتر، وهو اقل متوسط المرحلة الأولى البالغ ٢٧٣.٩٣ مجم/لتر، وأعلى من متوسط المرحلة الثانية البالغ ٢٤٨.٥٥ مجم/لتر، ويوضح الشكل رقم (١٢) مقارنة للوسيط للثلاث مراحل للأعوام ٢٠٠٦م، ٢٠٠٧م، ٢٠٠٨م لنفس الآبار الخمسة والعشرين. أما الكبريتات فسجلت أعلى قيمة ١٤٢٧ مجم/لتر وكانت للبئر (٦ س ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، واقل قيمة ٥٠.١ مجم/لتر كانت للبئر (٣ ز ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة وبلغ المتوسط ٤٧٨.٣٢ مجم/لتر، وهو أعلى من متوسط المرحلة الأولى البالغ ٤٦٨.٠٦ مجم/لتر، والمرحلة الثانية البالغ ٣٢٣.٧٢ مجم/لتر، ويوضح الشكل رقم (١٢) مقارنة للوسيط للثلاث مراحل للأعوام ٢٠٠٦م، ٢٠٠٧م، ٢٠٠٨م لنفس الآبار الخمسة والعشرين. في حين سجل أعلى تركيز للنتريت ٠.٥٦ مجم/لتر للبئر (١٥ ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، واقل تركيز ٠.٠١ مجم/لتر لعدة آبار في نفس المنطقة ومنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة، وبلغ المتوسط ٠.٠٥٧٨ مجم/لتر، وهو أعلى من متوسط المرحلة الأولى البالغ ٠.٠٢٨٦ مجم/لتر و من متوسط المرحلة الثانية البالغ ٠.٠٣٠٩ مجم/لتر، ويوضح الشكل رقم (١١) مقارنة للوسيط للثلاث مراحل للأعوام ٢٠٠٦م، ٢٠٠٧م، ٢٠٠٨م لنفس الآبار الخمسة والعشرين. أما النترات فكانت أعلى قيمة ٣٦٥ مجم/لتر وكانت للبئر (٦ س ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، واقل قيمة ٩.٦ مجم/لتر كانت للبئر (٣ ز ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة وبلغ المتوسط ١٠٦.٨٧مجم/لتر، وهو اقل من متوسط المرحلة الأولى البالغ ٢٥٧.١٦ مجم/لتر ومن متوسط المرحلة الثانية البالغ ٢٥٥.٩٢ مجم/لتر، ويوضح الشكل رقم (١٢) مقارنة للوسيط للثلاث مراحل للأعوام ٢٠٠٦م، ٢٠٠٧م، ٢٠٠٨م لنفس الآبار الخمسة والعشرين.

3-3-3 الاختبارات الكيميائية للمرحلة الثالثة (العناصر الشحيحة والمشعة)

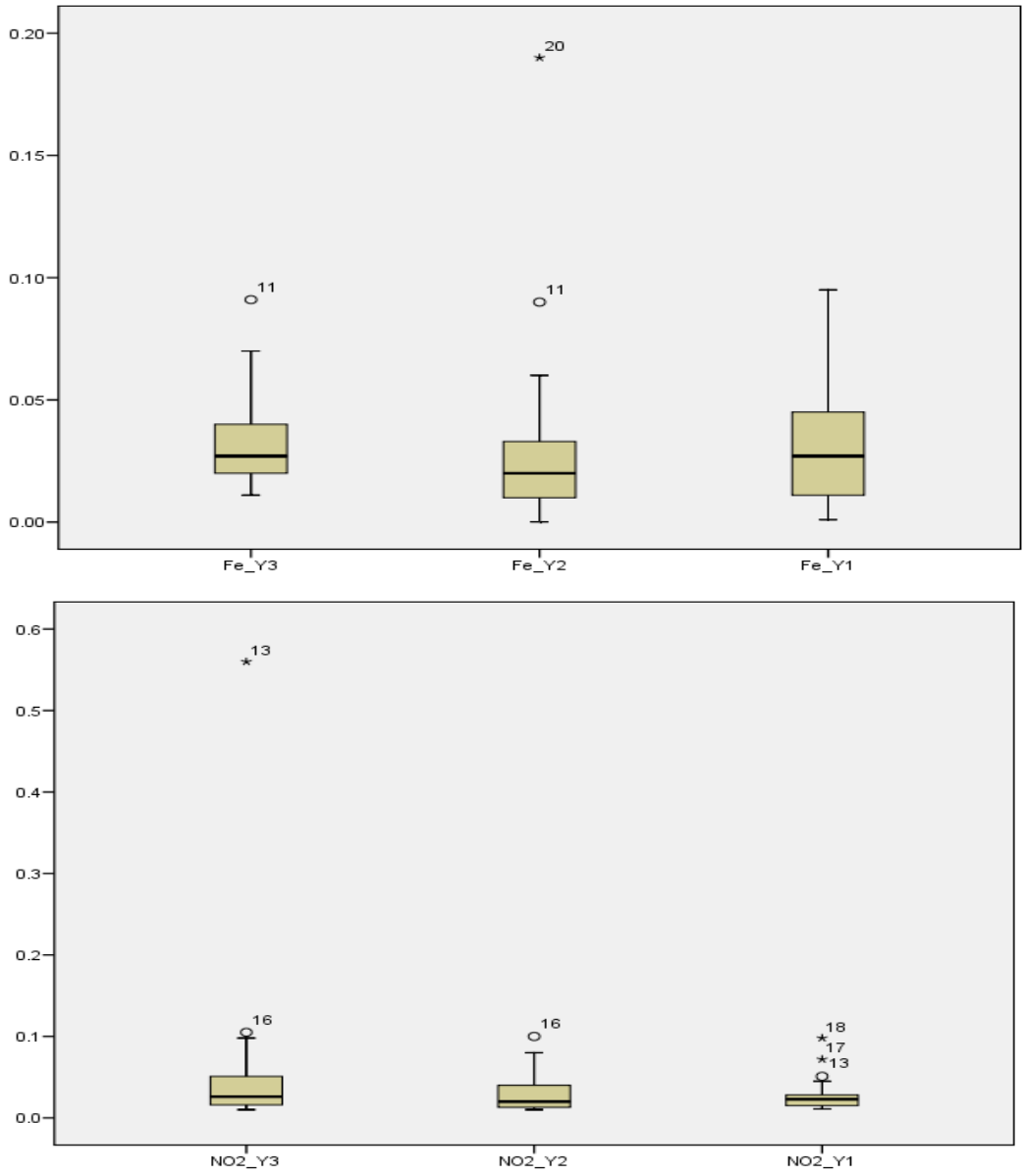
كما هو موضح في الجداول (٥٢،٥٣،٥١) بلغت أعلى قيمة للزرنيخ ٠.٠٨ مجم/لتر و كانت للبئر (٥ ش ش ش) الواقع في المنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة، واقل قيمة ٠.٠٠٠٧٣ مجم/لتر و كانت للبئر (٢ ز ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، والمتوسط ٠.٠٠٦٠٤ مجم/لتر وهو اقل من متوسط المرحلة الثانية البالغ ٠.٠٣٧٣٥ مجم/لتر. أما البورن فكانت أعلى قيمة ٢.١١٥١٥ مجم/لتر للبئر (٦ س ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب



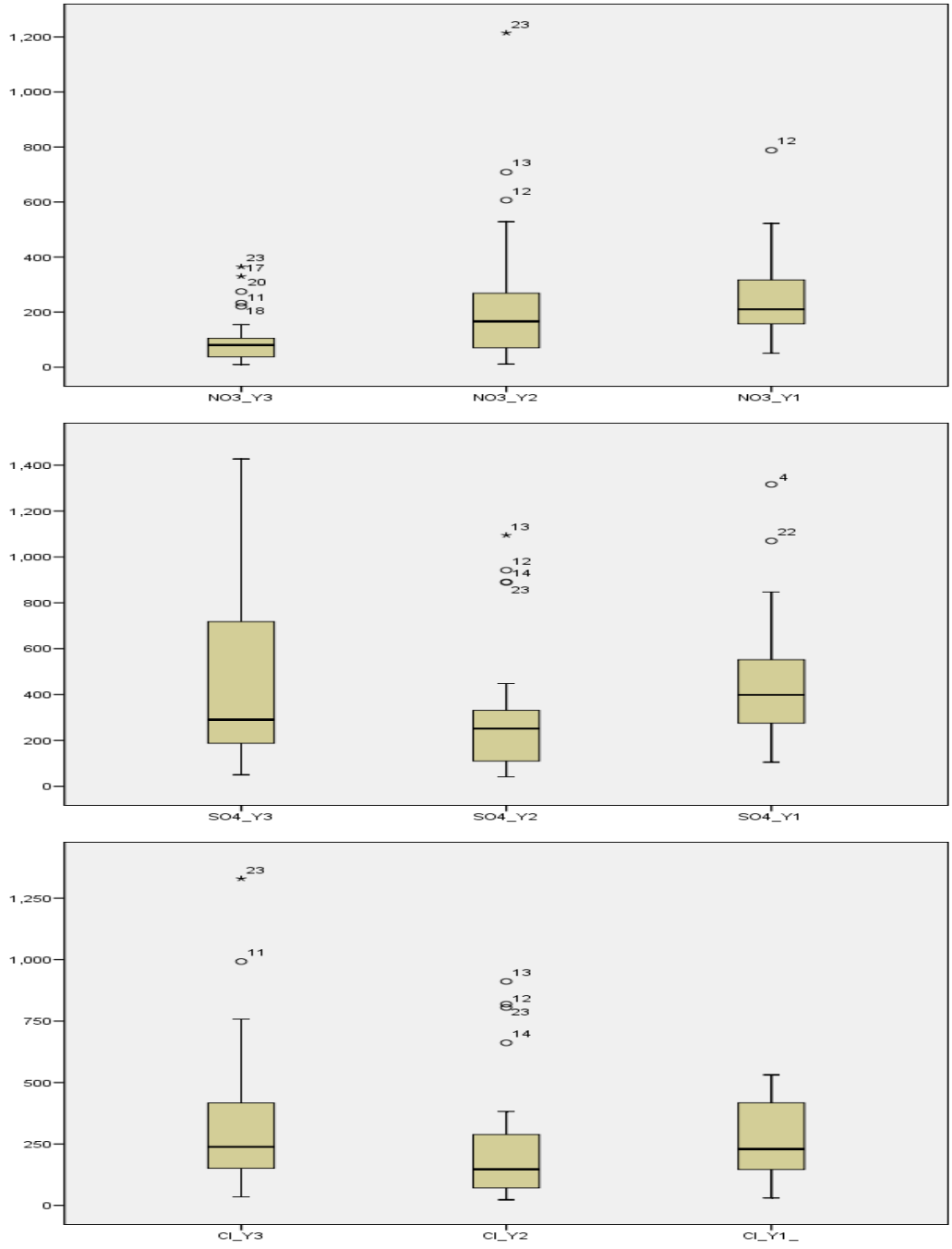
الشكل 9. الوسيط للمراحل الثلاثة للفلورايد و الصوديوم
و البوتاسيوم للآبار الخمسة وعشرين داخل مكة المكرمة



الشكل 10. الوسيط للمراحل الثلاثة للمغنسيوم و الكالسيوم
والنحاس للآبار الخمسة وعشرين داخل مكة المكرمة



الشكل 11. الوسيط للمراحل الثلاثة للحديد والنتريت للآبار الخمسة وعشرين داخل مكة المكرمة



الشكل 12. الوسيط للمراحل الثلاثة للكلورايد و الكبريتات والنترات للآبار الخمسة وعشرين داخل مكة المكرمة

مكة المكرمة، و اقل قيمة ٠.٢٨٧٢٢ مجم/لتر و كانت للبئر (١ غ ش ش) الواقع في المنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة، وبلغ المتوسط ٠.٧٦١٢٧ مجم/لتر وهو اقل من متوسط المرحلة الثانية البالغ ٠.٨٧٦٦ مجم/لتر.وكانت قيمة كل من البريليم، البثموث، السيزيم، الزئبق، التن، التنتيليوم و الثإليوم اقل من ٠.٠٠٠١ أو ٠.٠٠٠١ مجم/لتر في جميع العينات وهي اقل من الحدود القصوى المسموح بها دوليا. أما الأيوديد فكانت أعلى قيمة ٠.٣٥٠٢ مجم/لتر للبئر (١ش ش ش) واقل قيمة ٠.٠٣٠٥ مجم/لتر للبئر (١غ ش ش) وكلاهما في المنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة، وبلغ المتوسط ٠.١٣٩٣ مجم/لتر وهو اقل من متوسط المرحلة الثانية البالغ ٠.١٧١٢ مجم/لتر. وكانت أعلى قيمة لليثيوم٠.٠٠٩١ مجم/لتر للبئر (٤ ش ش ش) الواقع في المنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة، واقل قيمة ٠.٠٠٠٥١ مجم/لتر كانت للبئر (١ ع ج ش) الواقع في منطقة (٣) جنوب شرق مكة المكرمة، وبلغ المتوسط ٠.٠٠١٦ مجم/لتر، وهو اقل من متوسط المرحلة الثانية البالغ ٠.٠٠٢٧ مجم/لتر. وبلغت أعلى واقل قيمة للروبيديوم في المنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة و كانت للبئر (١ غ ش ش) و للبئر (٥ ش ش ش) ٠.٠١٠٦٨ و٠.٠٠٠٧ مجم/لتر، على التوالي، وبلغ المتوسط ٠.٠٠١٢٤ مجم/لتر، وهو اقل من متوسط المرحلة الثانية البالغ ٠.٠٠٠٨٦ مجم/لتر. وكانت أعلى قيمة للانتموني ٠.٠٢٠٨ مجم/لتر للبئر (٦ س ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، واقل قيمة ٠.٠٠٠٠٧ مجم/لتر للبئر (٧ ز ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، وبلغ المتوسط ٠.٠٠٠٢٠ مجم/لتر وهو اقل من متوسط المرحلة الثانية البالغ ٠.٠٠٢٩ مجم/لتر. وبلغت أعلى قيمة لليورانيوم ٠.٠٠٩٦٦ مجم/لتر و كانت للبئر (٥ ش ش ش) الواقع في المنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة، واقل قيمة ٠.٠٠١٠٩ مجم/لتر و كانت للبئر (٨ ا ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، وبلغ المتوسط ٠.٠٠٤٧٧ مجم/لتر، وهو اقل من متوسط المرحلة الثانية البالغ ٠.٠٠٧٦٧ مجم/لتر. وبلغت أعلى قيمة تركيز للبروميد ٤.٠١٤٨٤ مجم/لتر و كانت للبئر (٦ س ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، واقل قيمة ٠.٠٠٢٢ مجم/لتر للبئر (١ ع ج ش) الواقع في منطقة (٣) جنوب شرق مكة المكرمة، وبلغ المتوسط ١.١٦١ مجم/لتر وهو اقل من متوسط المرحلة الثانية البالغ ٢.٠٠٣ مجم/لتر. وكانت أعلى قيمة لتركيز الزنك ٠.٠٩٣٩ مجم/لتر للبئر (٦ ا ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، واقل قيمة ٠.٠٠٠١٦ مجم/لتر كانت للبئر (١ ك ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، وبلغ المتوسط ٠.٠٠٢١ مجم/لتر، وهو اقل من متوسط المرحلة الثانية البالغ ٠.٠٠٦٨ مجم/لتر. فيما بلغت أعلى قيمة للسيريشيوم ٥.٩٩٣٠٩ مجم/لتر للبئر (٦ س ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، واقل قيمة ٠.٢٩٤ مجم/لتر للبئر (١ غ ش

ش) الواقع في المنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة، وبلغ المتوسط ١.٥٤ مجم/لتر، وهو اقل من متوسط المرحلة الثانية البالغ ٠.٩٩١ مجم/لتر. وبلغت أعلى قيمة لتركيز السلينويوم ٠.٠٤١٣ مجم/لتر وكانت للبئر (١ ع ج ش) الواقع في منطقة (٣) جنوب شرق مكة المكرمة، واقل قيمة ٠.٠٠١٢٢ مجم/لتر للبئر (٢ ص ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، وبلغ المتوسط ٠.٠١١١ مجم/لتر، وهو اقل من متوسط المرحلة الثانية البالغ ٠.٠٢٠٩ مجم/لتر. في حين كانت أعلى قيمة لتركيز الرصاص ٠.٠٤٧٨ مجم/لتر للبئر (٤ ش ش ش) الواقع في المنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة، واقل قيمة اقل من ٠.٠٠٠١ مجم/لتر وسجلت في عدة آبار في مختلف مناطق مكة المكرمة، وبلغ المتوسط ٠.٠٠٣٣ مجم/لتر، وهو اقل من متوسط المرحلة الثانية البالغ ٠.٠١٩٨ مجم/لتر. وبلغت أعلى قيمة لتركيز النيكل ٠.٠٩١٧ مجم/لتر للبئر (١٢ ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، واقل قيمة كانت ٠.٠٠٠٥ مجم/لتر و كانت للبئر (١ غ ش ش) الواقع في المنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة، وبلغ المتوسط ٠.٠٠٨٢٥ مجم/لتر، وهو أعلى من متوسط المرحلة الثانية البالغ ٠.٠٠٥١٦ مجم/لتر. و المنجنيز سجل أعلى تركيز في مياه البئر (٢ زش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة بقيمة ٠.٠٣٩٢٤ مجم/لتر، واقل قيمة اقل من ٠.٠٠٠١ مجم/لتر في عدة آبار في نفس المنطقة ومنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة، وبلغ المتوسط ٠.٠٠٢٥ مجم/لتر، وهو قريب من متوسط المرحلة الثانية البالغ ٠.٠٠٢١ مجم/لتر. والكروم بلغت أعلى قيمة تركيز ٠.٠٢٧٧ مجم/لتر للبئر (١٨ ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، واقل قيمة تركيز ٠.٠٠١١ مجم/لتر و كانت للبئر (٤ ش ش ش) الواقع في المنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة، وبلغ المتوسط ٠.٠٠٤٤ مجم/لتر وهو قريب من متوسط المرحلة الثانية البالغ ٠.٠٠٤٩ مجم/لتر. وقد سجلت أعلى قيمة تركيز للكاديوم ٠.٠٠٠١٥ مجم/لتر في البئر (١ ك ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، واقل قيمة اقل من ٠.٠٠٠١ مجم/لتر في عدة آبار بجميع المناطق، وبلغ المتوسط ٠.٠٠٠١ مجم/لتر، وهو مساوي لمتوسط المرحلة الثانية. وبلغت أعلى قيمة لتركيز الباريوم ٠.٦٩٤٧ مجم/لتر للبئر (٦ أ ش غ)، واقل تركيز ٠.٠٠٢٩١٩ مجم/لتر للبئر (٣ ز ش غ) وكلاهما في منطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، وبلغ المتوسط ٠.٠٣٢٤ مجم/لتر وهو اقل من متوسط المرحلة الثانية البالغ ٠.٠٨١١ مجم/لتر. وبلغت قيمة أعلى تركيز للالمونيوم ٠.٠٠٦٢٣ مجم/لتر وكانت للبئر (٢ ص ج غ) الواقع في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة، واقل قيمة ٠.٠٠٠١٢ مجم/لتر و كانت للبئر (٤ ش ش ش) الواقع في المنطقة (١) شمال شرق مكة المكرمة، وبلغ المتوسط ٠.٠٠١٣ مجم/لتر، وهو اقل من متوسط المرحلة الثانية البالغ ٠.٠١٧٠ مجم/لتر. و الفضة كانت أعلى قيمة تركيز

٠.٠٠٠٢٥ مجم/لتر للبئر (٥ ا ش غ) الواقع في المنطقة (٢) شمال غرب مكة المكرمة، و سجلت اقل قيمة اقل من ٠.٠٠٠١ مجم/لتر في عدة آبار بجميع المناطق، وبلغ المتوسط ٠.٠٠٠١ مجم/لتر و هو مساوي لمتوسط المرحلة الثانية.

3-3-4الاختبارات الميكروبيولوجية للمرحلة الثالثة

تم تحليل العينات للكشف عن سبع مؤشرات لتقييم مياه الآبار كما في المرحلة الأولى والثانية بالإضافة للعد الكلي للبكتيريا لجميع الآبار المختارة داخل حدود الحرم لمدينة مكة المكرمة وقد تم الكشف على مؤشر ثامن هو الكشف عن محتوى الآبار من عصويات الميكوباكتريم البيئية و المسببة لمرض الدرن، وقد تم تأكيد النتائج الإيجابية عن طريق جهاز PCR للآبار المختارة داخل مكة المكرمة. و يتضح من الجدول رقم (٥٤) أن جميع الآبار في المناطق (١) شمال شرق (٢) شمال غرب و (٣) جنوب شرق داخل حدود الحرم لمدينة مكة المكرمة كانت إيجابية لمجموعة القولون،و خمسة آبار من أصل سبعة كانت إيجابية لمجموعة القولون في منطقة (٤) جنوب غرب مكة. وكانت جميع الآبار في المنطقة (٣) جنوب شرق مكة إيجابية لبكتيريا الايشيريشيا كولأي، في حين كانت جميع آبار منطقة (٤) جنوب غرب مكة سلبية لبكتيريا الايشيريشيا كولأي، بالمقابل كانت ثلاثة عينات إيجابية لبكتيريا الايشيريشيا كولأي من أصل اثني عشر في منطقة (٢) شمال غرب مكة. وكانت جميع الآبار سلبية لبكتيريا السلمونيلا فيما عدا عينة واحدة من منطقة (٤) جنوب غرب مكة. وكانت أيضا جميع الآبار سلبية لبكتيريا الكوليرا فيما عدا عينة واحدة في منطقة (٤) جنوب غرب مكة و أربع عينات في منطقة (٢) شمال غرب مكة وقد تم إعادة تأكيد النتائج ثلاثة مرات، وكانت عينتان إيجابيتان لوجود الفطريات في منطقة (٤) جنوب غرب مكة، وجميع عينات منطقة (٣) جنوب شرق مكة كانت سلبية، وثلاثة عينات إيجابية للمنطقة (١) شمال شرق مكة من أصل أربع عينات، وعشر عينات إيجابية من أصل ١٢ في منطقة (٢) شمال غرب مكة. وقد بلغ عدد الآبار الغير صالحة بكتيريولوجيا وذلك لتجاوز العدد الأكثر احتمالا الحدود المسموح بها حسب المواصفات السعودية سبعة عشر بئر من أصل خمسه وعشرون. حيث بلغت نسبة الآبار الغير صالحة بكتيريولوجيا للمناطق داخل مكة المكرمة القيم التالية: كانت أعلى نسبة في المنطقة (٣) جنوب شرق مكة بنسبة ١٠٠% ثم المنطقة (٢) شمال غرب مكة بنسبة ٧٥% وبلغت نسبة الإيجابي في المنطقة (٤) جنوب غرب مكة ٥٧.١٤%، ثم المنطقة (١) شمال شرق مكة بنسبة ٥٠%. وكانت أعلى قيمة للعد الكلي ٨٥٠٠ CFU/١٠٠مل في منطقة (٢) شمال غرب مكة واقل قيمة ١٠٠ CFU/١٠٠مل في كل من منطقة (٤) جنوب غرب مكة المكرمة و (٢) شمال غرب مكة و (١) شمال شرق مكة.

جدول ٥١. نتائج العناصر الشحيحة والمشعة للمرحلة الثالثة لمجموعة من الآبار داخل مكة المكرمة الجزء الجنوبي الغربي

U	Ag	Al	Ba	Cd	Cr	Mn	Ni	Pb	Se	Sr	Zn	Br	الرقم
0.00238	< 0.0001	0.00052	0.01848	0.00015	0.0022	0.00026	0.00113	< 0.0001	0.00170	0.58982	0.00016	0.025742	ج غ ١ك
0.00823	< 0.0001	0.00050	0.02163	< 0.0001	0.00134	0.00064	0.00454	0.00010	0.00431	1.77233	0.00229	1.02578	ج غ ٢ك
0.00946	< 0.0001	0.00472	0.0216	0.0001	0.00118	0.00091	0.00354	< 0.0001	0.00467	1.76172	0.00047	1.04957	٤س ج غ
0.00909	0.0001	0.00058	0.02086	< 0.0001	0.00288	0.00033	0.00316	< 0.0001	0.00677	1.8352	0.00024	1.43176	٥س ج غ
0.00907	0.00015	0.00054	0.03612	< 0.0001	0.00246	0.00581	0.01032	< 0.0001	0.00984	**5.99309**	0.0026	4014.84	٦س ج غ
0.00211	0.0001	0.00623	0.02956	0.0001	0.00226	0.00025	0.00153	< 0.0001	0.00122	**5.2022**	0.00139	252.98	٢ص ج غ
0.00283	< 0.0001	0.00064	0.03341	0.0001	0.00293	0.00028	0.00127	0.0001	0.00334	0.88261	< 0.0001	526.91	٦ص ج غ
Tl	**Ta**	**Sn**	**Sb**	**Rb**	**Li**	**I**	**Hg**	**Cs**	**Bi**	**Be**	**B**	**As**	الرقم
0. 0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.00216	< 0.0001	0.03874	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.29898	0.00471	١ك ج غ
< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.00043	0.00643	**0.00163**	0.10177	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	**1.00106**	0.00279	٢ك ج غ
< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.٠٠٠42	**٠.٠٠184**	٠.1044	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	**1.02323**	0.00353	٤س ج غ
< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.٠٠٠98	0.٠٠٠18	**٠.٠٠166**	٠.155	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	**1.46862**	0.00296	٥س ج غ
< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	**٠.٠٠231**	٠.7311	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	**2.11515**	0.00308	٦س ج غ
0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.00086	0.00038	**0. 00054**	0.06872	< 0.0001	0.0001	0.0001	< 0.0001	0.4608	0.00456	٢ص ج غ
0.0001	< 0.0001	< 0.0001	**0.0208**	0.00056	0. 00024	0.13446	< 0.0001	0.0001	< 0.0001	< 0.0001	**0.7124**	0.00576	٦ص ج غ

جدول ٥٢. نتائج العناصر الشحيحة والمشعة للمرحلة الثالثة لمجموعة من الآبار داخل مكة المكرمة الجزء الشمالي الغربي

U	Ag	Al	Ba	Cd	Cr	Mn	Ni	Pb	Se	Sr	Zn	Br	الرقم
0.00271	0.0001	0.00076	0.3343	0.0001	0. 00037	0.03924	**0.0236**	0.00068	**0.0115**	0.87244	0.00341	0.55834	٢ز ش غ
0.00361	< 0.0001	0.0059	0.002919	< 0.0001	0. 00023	0.00312	0.00156	< 0.0001	0.00013	0.75215	0.00058	0.52016	٣ز ش غ
0.00505	< 0.0001	0.00057	0.01949	0.0001	0. 00054	0.00014	0.00275	< 0.0001	0.0007	0.43048	0.0003	0.32033	٤ز ش غ
0.00362	< 0.0001	0.00067	0.02092	< 0.0001	0.00113	0.00018	0. 00017	0.00022	**0.02222**	0.7154	0.00093	0.43655	٥ز ش غ
0.00573	0.0001	0.00050	0.01936	0.0001	0.00139	0.00024	0.00183	0.0001	0.00271	0.38177	0.00087	0.43051	٦ز ش غ
0.00427	0.00012	0.00057	0.01807	< 0.0001	0.00121	0.0001	0.00132	< 0.0001	0.00236	0.56878	0.0019	0.41509	٧ز ش غ
0.0033	0.00010	0.0006	0.06326	< 0.0001	0.0235	0.00043	**0.0917**	0.0001	**0.01293**	2.71438	0.00232	2.6355	١٢ ش غ
0.00423	0.00013	0.00062	0.02432	< 0.0001	0.00131	0.00152	0.0059	0.0001	**0.01176**	2.0067	0.00623	1.98094	١٣ ش غ
0.0043	0.00025	0.00053	0.05564	< 0.0001	0.00267	0.00025	0.01118	0.0001	**0.02562**	3.910	0.00475	3.87403	١٥ ش غ
0.00313	0.00010	0.00061	0.06947	< 0.0001	0.00659	0.00043	0.00705	< 0.0001	**0.01539**	3.88689	0.00939	3.30637	١٦ ش غ
0.00109	0.0001	0.00051	0.025	< 0.0001	0.0277	0.00041	0.00194	< 0.0001	**0.0407**	0.88807	0.00318	0.86423	١٨ ش غ
0.00158	0.00010	0.00068	0.04733	< 0.0001	0.00207	0.0002	0.00285	0.0001	0.00695	1.46967	0.00208	1.35081	١١٢ ش غ
Tl	**Ta**	**Sn**	**Sb**	**Rb**	**Li**	**I**	**Hg**	**Cs**	**Bi**	**Be**	**B**	**As**	الرقم
< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.00021	0.00007	0.00008	0.16761	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	**0.58117**	0.00073	٢ز ش غ
0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.0001	0.00047	0.00021	0.16516	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	**0.55858**	0.00385	٣ز ش غ
0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.00038	0.00008	0.15324	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	**0.60689**	0.00335	٤ز ش غ
< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.00054	0.00037	**0.00042**	0.16784	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.480	0.00235	٥ز ش غ
< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.00021	0.00036	**0.00045**	0.18501	< 0.0001	< 0.0001	0.00010	< 0.0001	**0.62284**	0.00239	٦ز ش غ
< 0.0001	< 0.0001	0.0001	0.00007	0.0007	0.00015	0.16541	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	**0.52658**	0.0081	٧ز ش غ
< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.00056	0.00028	0.00145	0.05446	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	**0.76804**	0.00316	١٢ ش غ
< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.00011	0.00086	0.07627	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	**0.72778**	0.00221	١٣ ش غ
< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.00007	< 0.0001	0.18968	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	**1.39526**	0.00224	١٥ ش غ
< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.00008	0.00014	< 0.0001	0.1945	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	**0.84092**	0.00235	١٦ ش غ
< 0.0001	< 0.0001	0.0001	< 0.0001	0.00021	**0.00073**	0.14008	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	**0.55611**	0.00139	١٨ ش غ
< 0.0001	< 0.0001	0.0001	0.00013	0.00007	< 0.0001	0.14173	< 0.0001	< 0.0001	0.0001	< 0.0001	**0.64764**	0.00312	١١٢ ش غ

جدول ٥٣. نتائج العناصر الشحيحة والمشعة للمرحلة الثالثة لمجموعة من الآبار داخل مكة المكرمة الجزء الشمالي الشرقي و الجنوبي الشرقي

نتائج الآبار داخل مكة (٣) جنوب شرق													
U	**Ag**	**Al**	**Ba**	**Cd**	**Cr**	**Mn**	**Ni**	**Pb**	**Se**	**Sr**	**Zn**	**Br**	الرقم
0.00666	< 0.0001	0.00058	0.0629	< 0.0001	0.0065	0.0023	0.0085	< 0.0001	**0.0413**	1.3212	0.0037	0.0022	١ع ج ش
0.00561	< 0.0001	0.0019	0.0551	< 0.0001	0.011	0.00081	0.0018	< 0.0001	**0.0396**	2.1135	0.0018	0.8504	٢ع ج ش
Tl	**Ta**	**Sn**	**Sb**	**Rb**	**Li**	**I**	**Hg**	**Cs**	**Bi**	**Be**	**B**	**As**	الرقم
< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.00036	**0.00361**	0.1102	< 0. 0001	< 0. 0001	< 0. 0001	< 0. 0001	**0.5702**	0.00348	١ع ج ش
< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.00032	**0.00051**	0.1503	< 0. 0001	< 0. 0001	< 0. 0001	< 0. 0001	**0.52089**	0.0025	٢ع ج ش
نتائج الآبار داخل مكة (١) شمال شرق													
U	**Ag**	**Al**	**Ba**	**Cd**	**Cr**	**Mn**	**Ni**	**Pb**	**Se**	**Sr**	**Zn**	**Br**	الرقم
0.0031	< 0.0001	0.0005	0.0228	<0.0001	0.0021	0.0001	0.0009	**0.0311**	0.0028	0.294	0.00021	0.21	١غ ش ش
0.00667	< 0.0001	0. 00052	0.0561	<0.0001	0.00075	0.00352	0.00575	0.0001	0.00218	1.24399	0.00167	1.98042	١ش ش ش
0.00126	< 0.0001	0.00012	0.012	<0.0001	0.0011	0.0001	0.0005	**0.0478**	0.0027	0.5038	0.0001	0.23	٤ش ش ش
0.00966	< 0.0001	0.00201	0.01932	< 0.0001	0.00373	0.00096	0.00329	< 0.0001	0.00431	1.08177	0.00137	0.73654	٥ش ش ش
Tl	**Ta**	**Sn**	**Sb**	**Rb**	**Li**	**I**	**Hg**	**Cs**	**Bi**	**Be**	**B**	**As**	الرقم
< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.00021	0.01068	**0.00071**	0.0305	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.28722	**0.02699**	١غ ش ش
< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.00007	0.0001	**0.00175**	0.35021	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	**0.94353**	0.00151	١ش ش ش
< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.0001	0.0057	**0.0091**	0.21201	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.49711	0.00512	٤ش ش ش
< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.0007	**0.00116**	0.1675	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	**0.79423**	**0.8**	٥ش ش ش

أما بالنسبة للكشف عن بكتيريا الميكوباكتريم في المياه فعلى حد علم الباحث لم يسبق أن اجري اختبار للكشف عن هذه المجموعة من البكتيريا في أي منطقة من مناطق المملكة، ويوضح الجدول (٥٠) نتائج جهاز مزرعة الدرن MGIT، و نتائج زراعتها على بيئة Lowenstein Jensen، وتأكيد النتائج بواسطة جهاز PCR. وقد بلغت العينات الإيجابية بجهاز MGIT عشر عينات كانت كلها إيجابية أيضا لصبغة AFB، وقد توزعت العينات الإيجابية من الناحية الجغرافية على النحو التالي: ٥ عينات من آبار منطقة (٤) جنوب غرب مكة، و ٤ عينات من آبار منطقة (٢) شمال غرب مكة و عينة من آبار منطقة (١) شمال شرق مكة، و كانت ثلاثة عينات إيجابية بواسطة جهاز PCR اثنان منها من آبار منطقة (٤) جنوب غرب مكة والثالثة من آبار منطقة (٢) شمال غرب مكة، ومرفق النتائج بواسطة جهاز PCR في الملحق (٦).

3-4الآبار التي تجاوزت المواصفات للمراحل الثلاثة

يتضح من الجدول رقم (٥٦) عدد الآبار التي تجاورت حدود المواصفات السعودية للأعوام ٢٠٠٦م، ٢٠٠٧م و٢٠٠٨م لمؤشرات جودة المياه الجوفية للخمسة وعشرين بئر المختارة داخل مكة وتوزيعها حسب المناطق والنسبة العامة. ويلاحظ أن مؤشرات الجودة التالية : اللون، الطعم، الفلورايد، النترات وبكتيريا الايشيريشيا كولأي انخفضت أعداد الآبار الايجابية لها من عام ٢٠٠٦م إلي ٢٠٠٧م حتى ٢٠٠٨م، بالمقابل زادت أعداد الآبار الإيجابية لمؤشرات التالية: الفلورايد (الانخفاض عن الحدود المطلوبة)، بكتيريا الكوليرا و الفطريات، في حين تذبذبه نسبة أعداد الآبار الإيجابية لكل من TDS، درجة التوصيل الكهربائية، الكالسيوم، النحاس، والصوديوم، الكلوريدات، الكبريتات،MPN و بكتيريا مجموعة القولون.أما بالنسبة للبوتاسيوم و المغنسيوم فظلت الأعداد ثابتة من ٢٠٠٦م إلي٢٠٠٧م عند ٨%و ٥٦%، على التوالي، ثم ارتفعت للبوتاسيوم بمقدار الضعف، وانخفضت للمغنسيوم بنسبة ٢٤%. في حين ظلت نسبة أعداد الآبار الإيجابية لكل من العكاره، الرائحة، pH ، النتريت، الحديد ثابتة في الثلاثة سنوات عند ٠%، أما العسر الكلي فثابت عند ٣٦%. و يتضح من الجدول رقم (٥٧) عدد الآبار التي تجاورت حدود الموصفات السعودية للأعوام ٢٠٠٧م و٢٠٠٨م للعناصر الشحيحة والمشعة للخمسة وعشرين بئر المختارة داخل حدود مكة والنسبة العامة. ويلاحظ أنه لم تسجل أي آبار ايجابية في عام ٢٠٠٧م و ٢٠٠٨م لمؤشرات الجودة للعناصر الشحيحة والمشعة التالية :(Ag ، Cd، Cr، Mn، Mo، Zn، Br، V، Tl، Ta، Sn، Rb، I، Hg، Cs، Bi ، Be) بالمقابل زادت أعداد الآبار الإيجابية لمؤشرات التالية: (B، U، Sr، Ni) في حين انخفضت نسبة أعداد الآبار الإيجابية لكل من (Al، Ba، Pb، Se، Li)، و ظلت النسبة الإيجابية ثابتة لكل من (Sb، As).

جدول ٥٤. النتائج الميكروبيولوجيه للمرحلة الثالثة لمجموعة من الآبار داخل مكة المكرمة (١) شمال شرق (٢) شمال غرب (٣) جنوب شرق (٤) جنوب غرب

نتائج الآبار داخل مكة (٤) جنوب غرب							
الرقم	MPN	*E.coli*	Coliform	*Salmonella*	*Cholera*	Fungi	TC
١ك ج غ	<16	سلبي	سلبي	سلبي	سلبي	**ايجابي**	100
٢ك ج غ	<16	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي	100
٤س ج غ	<16	سلبي	**ايجابي**	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	1000
٥س ج غ	<16	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**	440
٦س ج غ	5.2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي	3000
٢ص ج غ	2.2	سلبي	سلبي	سلبي	سلبي	سلبي	100
٦ص ج غ	2.2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**	100

نتائج الآبار داخل مكة (٢) شمال غرب							
الرقم	MPN	*E.coli*	Coliform	*Salmonella*	*Cholera*	Fungi	TC
٢ز ش غ	<16	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي	900
٣ز ش غ	0	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**	100
٤ز ش غ	<16	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي	8000
٥ز ش غ	2.2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**	100
٦ز ش غ	2.2	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**	100
٧ز ش غ	<16	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي	100
١٢ ش غ	<16	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**	600
١٣ ش غ	<16	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	**ايجابي**	**ايجابي**	200
١٥ ش غ	<16	سلبي	**ايجابي**	سلبي	**ايجابي**	**ايجابي**	2000
١٦ ش غ	<16	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	**ايجابي**	**ايجابي**	5000
١٨ ش غ	<16	سلبي	**ايجابي**	سلبي	**ايجابي**	**ايجابي**	1400
١١٢ ش غ	0	سلبي	**ايجابي**	سلبي	سلبي	**ايجابي**	100

نتائج الآبار داخل مكة (٣) جنوب شرق							
الرقم	MPN	*E.coli*	Coliform	*Salmonella*	*Cholera*	Fungi	TC
١ع ج ش	<16	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي	3000
٢ع ج ش	<16	**ايجابي**	**ايجابي**	سلبي	سلبي	سلبي	4500

نتائج الآبار داخل مكة (١) شمال شرق							
الرقم	MPN	*E.coli*	Coliform	*Salmonella*	*Cholera*	Fungi	TC
١غ ش ش	9	**إيجابي**	**إيجابي**	سلبي	سلبي	**إيجابي**	٦٠٠
١ش ش ش	<16	سلبي	**إيجابي**	سلبي	سلبي	**إيجابي**	500
٤ش ش ش	<16	سلبي	**إيجابي**	سلبي	سلبي	سلبي	400
٥ش ش ش	5.1	سلبي	**إيجابي**	سلبي	سلبي	**إيجابي**	600

جدول55 . نتائج عينات المياه الايجابية للكشف عن بكتيريا الميكوباكتريم

الرمز	نتيجة PCR من العينة	نتيجة المزرعة		نتيجة AFB	نتيجة PCR من المزرعة
		MGIT	LJ		
١ ك ج غ	**موجبة**	**موجبة**	**موجبة**	**موجبة**	**موجبة**
٦ ص ج غ	سالبة	**موجبة**	سالبة	**موجبة**	سالبة
٢ ك ج غ	سالبة	**موجبة**	سالبة	**موجبة**	سالبة
٤ س ج غ	**موجبة**	**موجبة**	سالبة	سالبة	**موجبة**
٥ س ج غ	سالبة	**موجبة**	سالبة	**موجبة**	سالبة
ا ف ش غ	سالبة	**موجبة**	سالبة	**موجبة**	سالبة
١٨ ا ش غ	سالبة	**موجبة**	**موجبة**	**موجبة**	سالبة
٣ ا ش غ	سالبة	**موجبة**	**موجبة**	**موجبة**	**موجبة**
٣ ز ش غ	سالبة	**موجبة**	**موجبة**	**موجبة**	سالبة
ا غ ش ش	سالبة	**موجبة**	سالبة	**موجبة**	سالبة

جدول 56. عدد ونسبة الآبار التي تجاورت حدود الموصفات السعودية داخل مكة لثلاثة سنوات

عناصر الجودة	نتائج ٢٥ بئر داخل مكة لعام ٢٠٠٦م					نتائج ٢٥ بئر داخل مكة لعام ٢٠٠٧م					نتائج ٢٥ بئر داخل مكة لعام ٢٠٠٨م				
	شمال شرق	شمال غرب	جنوب شرق	جنوب غرب	النسبة العامة	شمال شرق	شمال غرب	جنوب شرق	جنوب غرب	النسبة العامة	شمال شرق	شمال غرب	جنوب شرق	جنوب غرب	النسبة العامة
عدد الآبار	٤	١٢	٢	٧	%	٤	١٢	٢	٧	%	٤	١٢	٢	٧	%
العكاره	0	0	0	0	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
اللون	1	0	0	0	٤	١	٠	٠	٠	٤	٠	٠	٠	٠	٠
الطعم	1	2	1	5	٣٦	١	٢	١	٠	١٦	٠	٠	٠	٠	٠
الرائحة	0	0	0	0	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
pH	0	0	0	0	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
T.D.S	1	2	1	5	٣٦	١	٦	٢	٥	٥٦	١	٥	٢	٣	٤٤
Cond.	1	5	1	5	٤٨	١	٧	٢	٥	٦٠	٢	٠	٠	٤	٢٤
T. H.	0	2	2	5	٣٦	٠	٤	٢	٣	٣٦	٠	٥	٢	٢	٣٦
F+ F-	0 0	0 6	2 0	0 0	٨ ٤2	٠ 2	٠ 6	٠ ٠	٠ 4	٠ ٤٨	٠ ٢	٠ ٧	٠ ٢	٠ ٣	٠ ٥٤
Na	0	3	0	0	١٢	٠	3	٠	1	١٦	٠	٠	٠	٠	٠
K	1	0	0	1	٨	1	٠	٠	1	٨	٠	٠	٠	٤	١٦
Mg	1	6	2	5	٥٦	2	5	2	5	٥٦	١	٣	١	٣	٣٢
Ca	1	2	0	5	٣٢	٠	4	1	٠	٢٠	٠	٣	١	٢	٢٤
Cu	1	0	0	0	٤	٠	٠	٠	٠	٠	٠	١	٠	٠	٤
Fe	0	0	0	0	0	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
Cl	1	3	2	5	٤٤	1	4	٠	٠	٢٠	٢	٥	١	٥	٥٠
SO4	2	4	2	5	50	٠	3	٠	3	٢٤	٢	٥	١	٤	٤٨
NO2	0	0	0	0	0	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
NO3	4	12	2	8	100	4	9	2	7	٨٨	٣	٥	٢	٢	٤٨
MPN	1	9	2	3	٦٠	٠	٨	٢	٣	٥٠	٢	٨	٢	٤	٦٤
E.Coli	4	11	1	6	٨٨	٢	٩	١	٥	٦٨	١	٣	٢	٠	٢٤
Salmonella	0	0	0	0	0	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	١	٤
V. cholera	0	0	0	٠	٠	٠	٣	٠	١	١٦	٠	٤	٠	١	٢٠
Fangi	0	2	1	0	١٢	٠	٢	٢	٠	١٦	٣	٩	٠	٤	٦٤
Coliform	4	12	2	8	100	٤	٨	٢	٦	٨٠	٤	١٢	٢	٤	٨٨

للفلورايد F+ أكثر من الحدود القصوى السمو ح بها بالمواصفة الخليجية ،- F أقل من الحدود الدنيا المطلوبة بالمواصفة السعودية

جدول 57. نسبة الآبار التي تجاورت حدود الموصفات داخل مكة المكرمة لعامين للعناصر الشحيحة والمشعة

عناصر الجودة	نتائج ٢٥ بئر داخل مكة لعام ٢٠٠٧م					نتائج ٢٥ بئر داخل مكة لعام ٢٠٠٨م				
	شمال شرق	شمال غرب	جنوب شرق	جنوب غرب	النسبة العامة	شمال	شمال غرب	جنوب شرق	جنوب غرب	النسبة العامة
	٤	١٢	٢	٧	٢٥	٤	١٢	٢	٧	٢٥
Ag	٠	٠	٠	٠	0	0	0	0	0	٠
Al	٠	٠	٠	١	4	0	0	0	0	٠
As	١	٠	٠	١	8	2	0	0	0	8
Ba	٠	١	٢	٠	12	0	1	0	0	4
B	١	١٠	٢	٥	72	2	11	2	5	80
Be	٠	٠	٠	٠	0	0	0	0	0	٠
Bi	٠	٠	٠	٠	0	0	0	0	0	٠
Br	٠	٠	٠	٠	٠	0	0	0	0	٠
Cd	٠	٠	٠	٠	0	0	0	0	0	٠
Co	٤	٨	١	٧	80	٠	٠	٠	٠	٠
Cr	٠	٠	٠	٠	0	0	0	0	0	٠
Cs	٠	٠	٠	٠	0	0	0	0	0	٠
Hg	٠	٠	٠	٠	0	0	0	0	0	٠
I	٠	٠	٠	٠	0	0	0	0	0	٠
Li	٤	١٢	٢	٧	100	4	5	2	5	64
Mn	٠	٠	٠	٠	0	0	0	0	0	٠
Mo	٠	٠	٠	٠	0	0	0	0	0	٠
Ni	٠	١	٠	٠	4	0	2	0	0	8
P	٠	١	٠	٠	4	0	0	0	0	٠
Pb	٤	٩	١	٤	72	2	0	0	0	٨
Rb	٠	٠	٠	٠	0	0	0	0	0	٠
Sb	٠	٠	١	٠	4	0	0	0	1	4
Se	٣	٧	١	٤	60	0	7	2	0	36
Sn	٠	٠	٠	٠	٠	0	0	0	0	٠
Sr	٠	١	٠	٠	٤	0	0	0	2	8
V	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
U	٣	٩	٢	7	84	3	10	2	7	88
Tl	٠	٠	٠	٠	٠	0	0	0	0	٠
Ta	٠	٠	٠	٠	٠	0	0	0	0	٠
Zn	٠	٠	٠	٠	٠	0	0	0	0	٠

٤. الفصل الرابع

المناقشة

تشير دراسات برنامج الأمم المتحدة للبيئة إلى أن المياه الجوفية تمثل ما يقرب من ٩٨% من مجموع المياه العذبة في العالم. وتقع المملكة العربية السعودية ضمن المناطق الجافة نظرا لقلة سقوط الأمطار عليها وارتفاع درجات الحرارة، وتعتبر المياه الجوفية من أهم مصادر المياه بالسعودية حيث توفر ٧٠% من إجمالي الطلب على المياه، في حين توفر مياه محطات التحلية الباقي (الأرصاد والبيئة، ٢٠٠٠).و تعتبر مياه زمزم المصدر الرئيسي لمكة المكرمة منذ القدم، ومع تزايد الحجاج تم مد خطوط أنابيب بين مكة وبعض آبار الأودية المحيطة بمكة مثل وادي فاطمة ووادي النعمان (الدخيل وآخرون، ١٩٩٧). وفي الوقت الحالي وان اعتبرت مياه محطات التحلية المصدر الرئيسي لتغذية مكة بالمياه، فلا تزال الآبار تزود مكة بنحو ٣٠.٠٠٠م^{٣}/ يوم من المتوسط السنوي العام للاستهلاك البالغ ٢٣٢.٠٠٠ م^{٣}/يوم (أمارة مكة، ٢٠٠٥). و تتغير كمية ونوعية المياه الجوفية بمرور الزمن وتتأثر بعدة عوامل مثل تساقط الأمطار و إقامة السدود (الصالحي و الغريري، ٢٠٠٤). وتتعرض جودة مياه الآبار للتدهور نتيجة الإهمال وعدم التخلص من الملوثات بصورة تحافظ على البيئة المائية، كما تؤدي عمليات السحب غير المدروس إلي تدني جودة المياه وزيادة لدرجة ملوحتها خاصة في منطقة القصيم، كما أثبتت عدة حالات للتلوث بالنترات في عدد من الآبار ببعض المناطق نتيجة الأنشطة الزراعية أو تسرب مياه الصرف الصحي المعالجة جزئيا أو غير المعالجة في الأودية بهدف تغذية المياه الجوفية كما في منطقة مكة المكرمة، كما سجلت حالات تلوث بالفلزات الثقيلة نتيجة أنشطة التعدين بالقصيم، و رصدت حالات تلوث بالزيت في منطقة المدينة المنورة (الأرصاد والبيئة ،٢٠٠٠). وتهدف الدراسة لمراقبة وتقييم المياه الجوفية ليس فقط لأنها مصدرا أساسيا للمياه ولكن للحفاظ على مصادر ومنابع مياه زمزم بعيده عن الملوثات.

بدأت الدراسة الحالية بحصر وتحديد إحداثيات الآبار تحت الدراسة وذلك باستخدام جهاز (GPS) لتحديد المواقع Global Positioning System، حيث تقع هذه الآبار في منتصف

المسافة بين منابع المياه تحت مرتفعات الطائف ومصابها النهائية في البحر الأحمر، بعد ذلك تم اختيار مجموعة من الآبار لتمثل مياه آبار مدينة مكة التي قسمت إلي أربع مناطق: الآبار التي تقع في منطقة شمال شرق مكة وتحمل فيها أرقام مثل (١غ ش ش) بحيث يمثل (غ) اسم الحي الغزه و (ش ش) يرمز للمنطقة، والابار١،٤،٥ (ش ش ش) بحي شارع الحج، و الآبار التي تقع في منطقة شمال غرب مكة وتحمل الأرقام ٢ إلي ٧ (ز ش غ) بحي الزاهر وكذلك الآبار١٢،٨،٦،٥،٣،٢ (أ ش غ) بحي أم الجود، والآبار التي تقع في منطقة جنوب شرق مكة وتحمل الأرقام ١و ٢ (ع ج ش) بالعابدية، و الآبار التي تقع في منطقة جنوب غرب مكة وتحمل الأرقام ١ و٢ (ك ج غ) بحي الكعكية، ٧،٦،٥،٤ (س ج غ) بحي السبهاني، و (٢ ص ج غ) بحي المنصور. وتم في هذه الدراسة تقييم جودة مياه الآبار بمكة المكرمة، حيث وزعت الاختبارات على ثلاثة مراحل، شملت المرحلة الأولي إجراء الاختبارات الاستكشافية والأساسية للوقف على نوعية المياه وجودتها بصفة عامة داخل حدود حرم مدينة مكة المكرمة وبعض الأودية خارج مكة مثل الكشف عن الخصائص الفيزيوكيميائية، وتقييم ستة مؤشرات لتحديد مدى صلاحية الآبار ميكروبيا. بعد ذلك تم انتخاب مجموعة ممثلة للمياه الجوفية بما يعادل ٥٠% من مجموع الآبار داخل مكة المكرمة بناءا على نتائج المرحلة الأولى، وذلك للتوسع في إجراء العديد من الاختبارات التي لم يسبق دراستها على المياه الجوفية حسب المراجع والدراسات في السعودية، و لتقليل ضغوط إجراء التحاليل في وقت واحد، وإجراء اختبارات أكثر شمولية تم توزعها على مرحلتين، شملت المرحلة الثانية بالإضافة لاختبارات المرحلة الأولى تقدير الفوسفات، الامونيا، العناصر الشحيحة و المشعة، الكشف عن الزيوت المعدنية، المشتقات البترولية، المبيدات و تقدير النشاط الإشعاعي، في حين اختصت المرحلة الثالثة بالكشف عن بكتيريا الميكوباكتيريا، بالإضافة لاختبارات المرحلة الأولى والمرحلة الثانية، وانتهت بتجميع المعلومات المتحصل عليها وتحليلها إحصائيا ومقارنتها بالدراسات المتوفرة محليا وعالميا.

بعد حصر وتحديد مواقع الآبار تم إجراء التحاليل الآتية: تقدير اللون، الطعم، الرائحة، درجة العكاره، درجة التوصيل الكهربائية، درجة الأس الهيدروجيني، مجموع الأملاح الكلية الذائبة، العسر الكلي، الفلورايد، الصوديوم، البوتاسيوم، المغنسيوم، الكالسيوم، النحاس، الحديد، الكوريدات، الكبريتات، النتيريت، النترات، الامونيا، الفوسفات، العناصر الشحيحة والمشعة، الكشف عن الزيوت المعدنية والمشتقات البترولية، الكشف عن المبيدات، تقدير النشاط الإشعاعي، الاختبارات البكتريولوجيا، الفطريات، بكتيريا الميكوباكتريم.

بالنسبة لاختبارات اللون، الطعم و الرائحة التي تم تقديرها فعلى الرغم من أنها قد تعكس نوعية المياه بشكل عام، إلا أن الكثير من المشتغلين في هذا المجال لا يعتبرها من المتغيرات

الأساسية في حالة تقييم جودة المياه الجوفية، ولا تحدد بالضبط مدى التلوث الناجم عن المواد الكيميائية والميكروبية، كما لم يتطرق دليل جمس لمراقبة المياه إليها (دليل جيمس للمياه، 1997). و لا توجد قيم قياسية موحده للطعم، و الرائحة للمياه حسب مواصفات منظمة الصحة العالمية (Pritchard *et al.*,2007). لذا فأنة ممكن اعتبارها مؤشرات أوليه يمكن تقديرها عن طريق اختبار مسبباتها، فعلى سبيل المثال يمكن الكشف عن مسبب الرائحة بالكشف عن المحتوى الكيميائي أو الميكروبي، حيث يشير وجودها إلي عدة احتمالات مثل ارتفاع أيونات كل من الحديد أو المنجنيز الذائبة أو الغير ذائبة أو غاز كبريتيد الهيدروجين، أو وجود تلوث عضوي. ولكن لان الدراسة هنا عبارة عن مسح شامل لتقييم جودة المياه الجوفية خلال فترة الدراسة التي امتدت لثلاث أعوام متتالية تم تقديرها استطلاعا للوضع القائم، وكانت النتائج لجميع مراحل الدراسة داخل مدينة مكة كالتالي: لم تسجل أي عينة ايجابية للرائحة، عينة ايجابية للون، و٢٣عينة ايجابية للطعم، و لم يسبق الإشارة لهذه الخصائص في أي دراسة سابقة عن المياه الجوفية بمكة المكرمة. بالمقابل تتغير درجة العكاره تبعا للتأثير المشترك للون، الطعم و الرائحة، و يشير ارتفاع درجة العكاره إلي احتمال ارتفاع أيون الحديد الذائب أو الغير ذائب، أو ايون المنجنيز، أو وجود تلوث عضوي، حيث أن التأثير الأكبر لدرجة العكاره يكون في مجال المعلومات العامة المتعلقة ببحيرات المياه العذبة، خصوصا ارتباطها وتأثيرها على النمو الميكروبي وعملية التعقيم بالمطهرات مثل الكلور (WHO,1997).

أوضحت النتائج أن متوسطات درجة العكاره للمراحل الثلاثة متقاربة وكان المتوسط للمراحل الثلاثة ٠.٣ (NTU)، وهو اقل من متوسط درجة العكاره للمياه الجوفية ببعض آبار أودية منطقة مكة المكرمة مثل وادي فاطمة التي بلغ متوسط درجة العكاره فيها ٠.٨٧٥ (NTU)، و من متوسط درجة العكاره بآبار وادي عكرمة البالغة ١.٢٨١٢ (NTU)(الغامدي،١٩٩٧). أيضا لم تصل أعلى قيمة لدرجة العكاره في آبار مدينة مكة المكرمة إلي ما وصلت إليه النتائج في ثلاثة مناطق في ملاوي عام ٢٠٠٦م هي Chiradzulu، Blantyre، Mulanje، البالغة ٥٠٢، ٨٦.٠، ٨١٢(NTU)، على التوالي، (Pritchard *et al.*,2007)، في حين وصلت أعلى قيمة لدرجة العكاره في نفس العام لآبار مكة المكرمة ٠.٨ (NTU). وعلى مستوى الآبار فقد بلغت درجة العكاره في دراسة لوزارة الصحة عام ١٩٩٨م للآبار (٥ ز ش غ)، (٦ ز ش ع)، (١٣ ا ش غ) ٠.٢٦٧، ٠.٤٣٢ و٠.٢٦ (NTU)،على التوالي، في حين بلغت لنفس الآبار في هذه الدراسة القيم التالية ٠.٢٤، ٠.٢٧، ٠.٢٢ (NTU)، للمرحلة الأولى، ٠.١٨، ٠.٢٣، ٠.٣ للمرحلة الثانية، و ٠.٠٣، ٠.٢١، ٠.٤٤ (NTU) للمرحلة الثالثة، على التوالي، (وزارة الصحة، ١٩٩٨) مما يعني عدم وجود اختلاف كبير يذكر خلال الفترة من

١٩٩٧ إلي ٢٠٠٨ م لعدم وجود أي اختلاف ذو تأثير في تركيز ايونات الحديد و المنجنيز في مكة المكرمة.

بالنسبة لدرجة التوصيل الكهربائي فقد بلغت المتوسطات المسجلة لمياه الآبار بمكة المكرمة في هذه الدراسة للمراحل الأولى، والثانية والثالثة ١٩٢٩.١٢، ٢٢٢٥.١٢ و ٢٢٨٤.١٣ µS/cm، على التوالي. في حين بلغ متوسط درجة التوصيل الكهربائية في دراسة للدخيل وآخرون لمنطقة جنوب غرب مكة عام ١٩٩٧م 2945 µS/cm مما يعني أنها انخفضت من عام ١٩٩٧م إلي ٢٠٠٦م بنسبة ٣٤.٥% لهذه المنطقة لانخفاض نسبة الأملاح الكلية الذائبة (الدخيل و آخرون ، ١٩٩٧). و في دراسة أجراها الحارثي و آخرون عام ٢٠٠٢م فقد بلغ متوسط درجة التوصيل الكهربائية للآبار الواقعة جنوب غرب مكة ٢٤١٨.٧٥ µS/cm وهو قريب من المتوسط في هذه الدراسة لنفس المنطقة عام ٢٠٠٦م البالغ ٢٥٣٢.٣١ µS/cm (ألحارثي و آخرون،٢٠٠٢). أما على مستوى الآبار فقد بلغت درجة التوصيل الكهربائية للبئر (١ ك ج غ) في هذه الدراسة للمراحل الثلاثة ١١٣٧.٩، ١٤٩٦.٢ و١٣٣٠µS/cm،على التوالي، وهذا يتناسب مع التغير في مجموع كمية الأمطار التي سجلت في محطة مكة للأرصاد الجوية (الجدول ٢) حيث بلغت ١٣٠.٩، ٧٠.٤، ١١٩.٨ ملم لنفس أعوام الدراسة على التوالي. وهذه القراءة اقل من التي سجلت عام ١٩٩٧م بواسطة الدخيل وآخرون لنفس البئر و البالغة ٢٧٩٠ µS/cm، أيضا سجل انخفاض لقيمة درجة التوصيل الكهربائية بنسبة الثلث للبئر (٢ ك ج غ) حيث سجلت في عام ١٩٩٧م ٣١٠٠ µS/cm، أما في هذه الدراسة فسجلت ٢٦٦٩.٩، ١٨٧٠ و ١٩٨٠ µS/cmللمراحل الثلاثة، على التوالي(الدخيل و آخرون، ١٩٩٧)، وهذا أيضا يتناسب مع التغير في مجموع كمية الأمطار لأعوام الدراسة. وفي دراسة أجرتها وزارة الصحة عام ١٩٩٨م للآبار (٥ ز ش غ)، (٦ ز ش ع)، (٣ ا ش غ) بلغت قيم درجة التوصيل الكهربائية ١٨٣٩،١٤٧١، و ١٥٨٥µS/cm،على التوالي، في حين بلغت القيم في هذه الدراسة ١٤٧٢.١، ١٢٠١.٢، ١٥٩٢.٣ للمرحلة الأولى، ١٢٣٧، ٢٠١٣ و ٥٠٨٥ للمرحلة الثانية، و ١٣٤٨،١٢١٨، و ٣٧٢٠ µS/cm للمرحلة الثالثة على التوالي (وزارة الصحة ١٩٩٨) وبذلك تتضح العلاقة بين مجموع كمية الأمطار ودرجة التوصيل الكهربائية حيث تنخفض نسبة الأملاح لوجود ارتباط بين درجة التوصيل الكهربائية ومجموع الأملاح الذائبة، أيضا لزيادة كمية مياه الصرف الصحي المتسربة من خلال بيارات المنازل التي لم تتصل بشبكة الصرف الصحي نتيجة لزيادة تعداد سكان مكة المكرمة، وفتح باب العمرة طوال العام مما يزيد من كمية مياه الصرف التي تعمل على تخفيف نسبة الأملاح. من جهة أخرى بلغ متوسط درجة التوصيل الكهربائية للمياه الجوفية عام 1977م لوادي النعمان ١٠٠٠.٥ µS/cm، وبعد عام بلغ المتوسط ٩٧٩.٢ µS/cm (Jamaan,1978)

في حين بلغ المتوسط في هذه الدراسة عام ٢٠٠٧م ١٢٣٧ µS/cm أي بنسبة ارتفاع بلغت ٢٣.٧% عن متوسط عام ١٩٧٧م حيث لم يحصل تغير كبير في تعداد سكان الوادي مقارنة بالتغير الذي حصل في تعداد سكان مكة. وجاءت متوسطات تراكيز درجة التوصيل الكهربائية حسب أودية المملكة العربية السعودية على النحو التالي: حل وادي ليه بالطائف بالمرتبة الأولى، حيث بلغ المتوسط ٥٧٦٢.٥ µS/cm (الجمل، ١٩٨٠)، بينما جاء وادي الصفراء ثانيا، حيث بلغ المتوسط ٤٢٠٣.٢ µS/cm (الأحمدي ،١٩٨٤)، وثالثا آبار الجلح ٤٠١١.٩ µS/cm (البسام و الرميخان، ٢٠٠٢)، أما آبار الزلفي فقد جاءت بالمرتبة الرابعة، وبمتوسط٣٨٦٨.٧ µS/cm (الدخيل،١٩٨٢)، وخامسا آبار وادي يلملم وبمتوسط ٣٢٥٠ µS/cm (الصبياني، ٢٠٠٤)، وسادسا وادي قديد، حيث بلغ المتوسط ٢٦٠٣ µS/cm (ألهاجري،١٩٧٧)، أما وادي قحا فقد جاء بالمرتبة السابعة، حيث بلغ المتوسط ٢٦٤٩ µS/cm (الجمل ،١٩٨٠)، و وادي وج ثامنا بمتوسط ٢٤٨٠.٣ µS/cm (غرم، ١٩٨٠)، و وادي العقيق بالمرتبة التاسعة، حيث بلغ المتوسط ٢٢١٨.٥ µS/cm (الجمل،١٩٨٠)، وبالمرتبة العاشرة آبار مدينة أبها ١٠٢٨ µS/cm (السليماني و آخرون، ٢٠٠٠). و آبار وادي خليص بالمرتبة الحادية عشرة بمتوسط ٨٧٩.٣ µS/cm(الجمل،١٩٨٠)، و وادي عسفان بالمرتبة الثانية عشرة، بمتوسط ٧١٠µS/cm(الجمل،١٩٨٠)، و وادي فاطمة بالمرتبة الثالثة عشر و بمتوسط ٦٨٥ µS/cm (الغامدي ،١٩٩٧)، و وادي عكرمة بالمرتبة الرابعة عشر بمتوسط ٥١٠.٦ µS/cm (ألغامدي،١٩٩٧). وفي بعض الدراسات على مستوى العالم سجلت أعلى قيمة للتوصيل الكهربائية للمياه الجوفية في مدينة فاس بالمغرب العربي ١١.٩٢٠ µS/cm (Koukal *et al*., 2004) وهو اقل من كل القيم التي سجلت في آبار مكة المكرمة و بفارق كبيرا جدا. و تراوحت نتائج درجة التوصيل الكهربائية لسبعة وخمسون بئر في منطقة Kakamigahara في اليابان بين ١٢٩ µS/cm اقل قيمة و ٥٠١µS/cm كأعلى قيمة (Babiker *et al*., 2004). و في Thessaly في اليونان بلغ متوسط النتائج لدرجة التوصيل الكهربائية للمياه الجوفية لأربع مناطق ٧٢٧.٥، ٧٣٢.٥، ٦٥٩.٨ و ٨٩٠.٣ µS/cm (Papaioannou *et al*,2007). اما في مالاوي فقد تراوحت نتائج درجة التوصيل الكهربائية للمياه الجوفية بمنطقة Blantyre بين ٢٨١ و ٥٦٣ µS/cm، أما في منطقة Chiradzulu فقد تراوحت القيم بين ٩٣.١ و ٢٩٩ µS/cm، وفي منطقة Mulanje فتراوحت القيم بين ٤٥.٩ و ٢٦٨ µS/cm (Pritchard *et al*.,2007).

أما درجة الأس الهيدروجيني فقد تراوحت بين القاعدية ٨.٢٣ كأعلى قيمة واقل قيمة قريبة من التعادل ٦.٦٢ للمرحلة الأولى للآبار داخل مكة المكرمة أما قيم المرحلة الثانية فبلغت أعلى قيمة ٨.٢١ واقل قيمة ٧.٤٤، أما قيم المرحلة الثالثة فبلغت أعلى قيمة ٧.٧٩ واقل قيمة

٦.٣٤، وفي كل مراحل الدراسة نجد أن جميع مياه الآبار داخل مدينة مكة المكرمة وبالأودية المحيط بها تراوحت درجة الأس الهيدروجيني بين ٨.٤٤ كأعلى قيمة و ٦.٣٤ كأقل قيمة وكانت الوحيدة وهي للبئر (٢ ا ش غ) التي انخفضت عن الحدود المسموح بها في المواصفات السعودية. و هذا يتفق مع الدراسات التي أجريت لبعض الآبار داخل حدود الحرم لمدينة مكة المكرمة و أجراها كل من المسلم و آخرون عام ١٩٨٠م وتراوحت فيها قيم الأس الهيدروجيني بين ٧.٦١ و ٧.٦٣، و في عام ١٩٨٢م تراوحت بين٧.٦٧ و ٧.٩٢(المسلم وآخرون، ١٩٨٢)، وفي دراسة الدخيل عام ١٩٩٧ تراوحت القيم بين ٦.٨ و ٧.٨ (الدخيل ، ١٩٩٧)، أما في دراسة الحارثي و آخرون عام ٢٠٠٢م. فقد تراوحت مابين ٧ و ٧.٥ (ألحارثي و آخرون،٢٠٠٢). من جهة أخرى تراوحت قيم الأس الهيدروجيني للمياه الجوفية لوادي النعمان في دراسة للجمعان عام ١٩٧٧م بين ٧ و ٧.٧ ، و في عام ١٩٧٨م أيضا تراوحت القيم بين ٧ و ٧.٨ (Jamaan,1978). وفي دراسة للمسلم و آخرون عام ١٩٨٠م لوادي النعمان تراوحت قيم الأس الهيدروجيني بين ٧.٦ و ٧.٨٣ وفي عام ١٩٨٢م تراوحت القيم بين ٧.٤ و ٨. وسجلت أعلى قيم لدرجة الاس الهيدروجيني حسب أودية المملكة العربية السعودية على النحو التالي: حل وادي قديد بالمرتبة الأولى، حيث بلغت أعلى قيمة ٩.٦ (ألهاجري،١٩٧٧)، بينما جاءت آبار مدينة أبها ثانيا، حيث بلغت أعلى قيمة ٨.٣١ (السليماني و آخرون، ٢٠٠٠)، وثالثا آبار مدينة الرياض، حيث بلغت أعلى قيمة ٨.٢٤ (ألرحيلي وآخرون،١٩٩٩)، أما وادي عكرمة فقد جاء بالمرتبة الرابعة، حيث بلغت أعلى قيمة ٨.٢ (ألغامدي،١٩٩٧)، و حل وادي وج خامسا بأعلى قيمة بلغت ٨.١٥ (غرم، ١٩٨٠)، و آبار الزلفي بالمرتبة السادسة، حيث بلغت أعلى قيمة ٨.١ (الدخيل، ١٩٨٢)، و وادي فاطمة سابعا بأعلى قيمة ٧.٨ (ألغامدي،١٩٩٧). و وادي يلملم بالمرتبة الثامنة، حيث بلغت أعلى قيمة ٧.٣ (الصبياني، ٢٠٠٤). بالمقابل سجلت اقل قيم لدرجة الاس الهيدروجيني للأودية على النحو التالي: حلت آبار الزلفي بالمرتبة الأولى، حيث بلغت اقل قيمة ٥.١ (الدخيل، ١٩٨٢)، بينما جاءت آبار وادي يلملم ثانيا، حيث بلغت اقل قيمة ٦.٨ (الصبياني، ٢٠٠٤)، وثالثا آبار وادي قديد حيث بلغت اقل قيمة ٦.٧ (ألهاجري،١٩٧٧)، أما وادي فاطمة فقد جاء بالمرتبة الرابعة حيث بلغت اقل قيمة ٧ (منصور، ١٩٨٣)، و وادي وج خامسا بأقل قيمة بلغت ٧ (غرم، ١٩٨٠)، و بالمرتبة السادسة وادي عكرمة، حيث بلغت اقل قيمة ٧.٤ (ألغامدي،١٩٩٧)، و آبار مدينة أبها سابعا بأقل قيمة ٧.٤١ (السليماني و آخرون، ٢٠٠٠). و آبار مدينة الرياض بالمرتبة الثامنة، حيث بلغت اقل قيمة ٧.٩٣ (ألرحيلي وآخرون،١٩٩٩). وبمقارنة قيم الأس الهيدروجيني للمياه الجوفية بمكة مع بعض الدراسات على مستوى العالم نجد أن قيم الأس الهيدروجيني للمياه الجوفية في مدينة فاس بالمغرب العربي قد تراوحت بين ٧.١

و٨.١ (Koukal *et al.*, 2004) و تراوحت قيم الأس الهيدروجيني لأبار منطقة Kakamigahara في اليابان بين الحامضية و المتعادلة ٥.٨ و ٦.٨ (Babiker *et al.*, 2004). أما منطقة polje في كرواتيا فتراوحت بين ٧.٠٢ و ٧.٥٢ (Markovic *et al.*, 2006). أما في مالاوي فقد تراوحت قيم الأس الهيدروجيني للمياه الجوفية بمنطقة Blantyre بين ٦.٤٢ و١٠.٣١ وهي بين المتعادلة والقلوية، و في منطقة Chiradzulu تراوحت القيم بين ٦.١٤ و ٧.٩١ ، وفي منطقة Mulanje تراوحت المياه بين الحامضية و المتعادلة ٥.٢٢ و ٦.٩١ (Pritchard *et al.*,2007). ويمكن حصر الأسباب التي تؤثر على قيمة الأس الهيدروجيني للمياه الجوفية في جيولوجية الحوض الجامع للمياه والعمليات البيولوجية و التهوية (دليل جيمس للمياه، 1997).

وفيما يخص مجموع الأملاح الكلية الذائبة فقد بلغت المتوسطات المسجلة في هذه الدراسة للمرحلة الأولى ٩٨٤.٦٣ مجم/لتر، وللمرحلة الثانية ١٢٠٠ مجم/لتر، أما المرحلة الثالثة ١١٩١.٧٦ مجم/لتر ومن خلال التحاليل الإحصائي في الفصل الثالث نجد أن هناك ارتباط معنوي كبير بين مجموع الأملاح الكلية الذائبة ودرجة التوصيل الكهربائية في نتائج هذه الدراسة، وهذا يؤكد صحة وترابط النتائج وكذلك مسببات الارتفاع أو الانخفاض المذكورة سابقا. و في دراسة أجراها الحارثي و آخرون عام ٢٠٠٢م فقد بلغ متوسط مجموع الأملاح الكلية الذائبة للآبار الواقعة جنوب غرب مكة ١٠٧٠ مجم/لتر، وهو اقل بقليل من المتوسط في هذه الدراسة لنفس المنطقة عام ٢٠٠٦م البالغ ١٢٧٨.٨ مجم/لتر ويعود ارتفاع تركيز الأملاح في هذه المنطقة لوجود محطة معالجة الصرف الصحي بمكة (الحارثي و آخرون،٢٠٠٢). وعلى مستوى الآبار فقد بلغت قيم مجموع الأملاح الكلية الذائبة في دراسة لوزارة الصحة عام ١٩٩٨م للآبار (٥ ز ش غ)، (٦ ز ش ع)، (١ ن ش غ) ٦٩٧، ٨٤٨، ٥٧٩ مجم/لتر، على التوالي، وبمقارنة هذه النتائج مع متوسطات الدراسة الحالية للمراحل الثلاثة لهذه الآبار البالغة ٦١٧، ٧٦٣و ٥٠٦ مجم/لتر، على التوالي، نجد أن هناك انخفاض حاصل أيضا لمجموع الأملاح الذائبة في هذه الآبار(وزارة الصحة ١٩٩٨). و إذا تم تصنيف المياه على مقياس مجموع الأملاح الكلية الذائبة العالمي الذي يعتبر المياه التي يتراوح مجموع الأملاح الكلية الذائبة فيها بين صفر - ١٠٠٠ مجم/لتر مياه عذبة، وبين ١٠٠٠ - ١٠.٠٠٠ مجم/لتر مياه قليل الملوحة، وبين ١٠.٠٠٠ - ١٠٠.٠٠٠ مجم/لتر مياه مالحة و أكثر من ذلك تعتبر مياه شديدة الملوحة (الأحمدي،١٩٨٤)، نجد أن جميع مياه الآبار للمراحل الثلاثة داخل مدينة مكة المكرمة وبالأودية المحيط بها تتراوح بين مياه عذبة بنسبة ٦٣% ومياه قليلة الملوحة بنسبة ٣٦.٩%، وبمزيد من التفصيل نجد أن أعلى نسبة للآبار التي تعتبر مياها عذبة على مستوى المناطق داخل حدود حرم مدينة مكة المكرمة كانت في المنطقة

الشمالية الغربية حيث بلغت النسبة ٨٥% وهي المنطقة التي تستقبل المياه القادمة من مرتفعات الطائف. من جهة أخرى بلغ متوسط مجموع الأملاح الكلية الذائبة للمياه الجوفية بوادي النعمان في دراسة للجمعان عام ١٩٧٧م ٧٤٥ مجم/لتر، وارتفعت هذه النتائج في عام ١٩٧٨م وبمتوسط ١١٠١ مجم/لتر (Jamaan,1978)، وفي دراسة للمسلم و آخرون عام ١٩٨٠م لوادي النعمان بلغ متوسط مجموع الأملاح الكلية الذائبة ٩٥١ مجم/لتر في حين بلغ المتوسط عام ١٩٨٢م ٧٨٢ مجم/لتر، بالمقابل بلغ المتوسط عام ٢٠٠٧م في هذه الدراسة ٦٠٢ مجم/لتر بنسبة انخفاض بلغت ٤٨.٣% عن متوسط عام ١٩٧٨م، ويعلل هذا التذبذب في المتوسطات بين الأعوام باختلاف معدل هطول الأمطار حيث أن المياه في وادي النعمان تعتبر مياه جوفية غير عميقة ومتجددة. وإذا تم ترتيب متوسطات مجموع الأملاح الكلية الذائبة تصاعديا حسب أودية المملكة العربية السعودية المتوفرة عنها معلومات نجدها كالتالي: حل وادي عكرمة بالمرتبة الأولى، حيث بلغ المتوسط ٣٤٢.٤ مجم/لتر (ألغامدي،١٩٩٧)، بينما جاء وادي فاطمة ثانيا، حيث بلغ المتوسط ٤٥٨.٧ مجم/لتر (ألغامدي،١٩٩٧)، وثالثا آبار مدينة أبها، حيث بلغ المتوسط ١١١٨ مجم/لتر (السليماني و آخرون، ٢٠٠٠)، أما وادي يلملم فقد جاء بالمرتبة الرابعة، حيث بلغ المتوسط ١٨٠٢ مجم/لتر (الصبياني،٢٠٠٤)، و وادي قديد خامسا بمتوسط ١٨٣٤.٩مجم/لتر (ألهاجري،١٩٧٧)، و وادي الصفراء بالمرتبة السادسة، حيث بلغ المتوسط ٢١٢٥.٨ مجم/لتر (الأحمدي،١٩٨٤)، و آبار الزلفي سابعا بمتوسط ٣١١٨.٣ مجم/لتر (الدخيل،١٩٨٢). و لمقارنة القيم في الدراسة الحالية مع بعض الدراسات على مستوى العالم نجد أن أعلى قيمة لمجموع الأملاح الكلية الذائبة للمياه الجوفية في منطقة polje في كرواتيا بلغت ٦٤٧ مجم/لتر وهي منخفضة إذا ما قورنت مع أعلى قيمة سجلت في الدراسة الحالية (Markovic *et al*., 2006). أما في مالاوي فقد تراوحت نتائج مجموع الأملاح الكلية الذائبة للمياه الجوفية بمنطقة Blantyre بين ١٧٧ و ٣٤٦ مجم/لتر، و في منطقة Chiradzulu فقد تراوحت القيم بين ٥٥.٨ و ١٧٩.٢ مجم/لتر، وفي منطقة Mulanje فتراوحت القيم بين ٢٧.٥ و ١٦١.٧ مجم/لتر(Pritchard *et al*.,2007) وهو منخفض عن مدى الدراسة الحالية.

بالنسبة للعسر الكلي فقد بلغت المتوسطات المسجلة في هذه الدراسة للمراحل الأولى، والثانية والثالثة على التوالي ٤٦٤.٨٨ ، ٥٨٩.٩٢ و ٤٦٤.٢٨ مجم/لتر. و في دراسة أجراها الحارثي و آخرون عام ٢٠٠٢م فقد بلغ متوسط العسر الكلي للآبار الواقعة جنوب غرب مكة ٥٣٣.٣ مجم/لتر وهو قريب من المتوسطات في هذه الدراسة (ألحارثي و آخرون،٢٠٠٢). وعلى مستوى الآبار فقد بلغت درجة العسر الكلي في دراسة لوزارة الصحة عام ١٩٩٨م للآبار (٥ ز ش غ)، (٦ ز ش ع)، (٣ ا ش غ) القيم التالية ٥٠٦، ٦٢٠، ٥٥٣ مجم/لتر، على التوالي، في

حين بلغت القيم في هذه الدراسة ٣٣٦، ٢١٠، ٢٥٢.٢ مجم/لتر للمرحلة الأولى، ١٤٨، ٤٠٠ و ١٤٥٤ مجم/لتر للمرحلة الثانية، و ١٦٠، ١٩٨، ٧٦٠ مجم/لتر للمرحلة الثالثة على التوالي (وزارة الصحة ١٩٩٨). و إذا تم تصنيف المياه طبقا لدرجة تركيز العسر من الناحية الصناعية التطبيقية التي تسمي المياه ذات درجة تركيز بين الصفر- ٦٠ مجم/لتر مياه يسرة Soft water، وبين ٦٠ - ١٢٠ مجم/لتر تسمى مياه متوسط العسر Medium Hard water، وبين 120 - 180 مجم/لتر تسمى مياه عسرة Hard water و أكثر من ذلك تعتبر مياه عسرة جدا Very Hard water (المنهراوي و حافظ، ١٩٩٧)، فإننا نجد أن ٩١% من مياه الآبار للمراحل الثلاثة داخل مدينة مكة المكرمة والأودية المحيط بها تعتبر مياه عسرة جدا، و٥% تعتبر مياه عسرة في حين ٢ % تعتبر مياه متوسط العسر وكذلك ٢ % تعتبر مياه يسرة، وبمزيد من التفصيل نجد أن نوعية المياه في المرحلة الأولي داخل مدينة مكة المكرمة مياه يسرة بنسبة ٤.١%، و مياه عسرة بنفس النسبة ٤.١%، و مياه متوسط العسر بنسبة ٢% في حين بلغت نسبة المياه العسرة جدا ٨٩.٨% وكانت ٨% من مياه المرحلة الثانية متوسط العسر، و ٢٠% مياه عسرة في حين كانت ٧٢% مياه عسرة جدا، وفي المرحلة الثالثة بلغت نسبة المياه العسرة ٤%، ونسبة المياه المتوسط العسر٤% في حين كانت ٩٢% مياه عسرة جدا. وهذا الاختلاف في نسبة المياه العسرة جدا يتناسب مع التغير في مجموع كمية الأمطار التي سجلت في محطة مكة للأرصاد الجوية لنفس المراحل، وبذلك تتضح العلاقة الطردية بين مجموع كمية الأمطار ونسبة المياه العسرة نتيجة زيادة ذوبان الأملاح المسببة للعسر. من جهة أخرى بلغ متوسط العسر الكلي للمياه الجوفية لوادي النعمان في دراسة للجمعان عام ١٩٧٧م ٤٧٩.٩ مجم/لتر، ولم يتغير المتوسط كثيرا بعد عام إذ بلغ ٤١٢ مجم/لتر (Jamaan,1978)، في حين بلغ المتوسط في هذه الدراسة عام ٢٠٠٦م ٤٧٠ مجم/لتر،و عام ٢٠٠٧م ٥٥٩.٧ مجم/لتر، بنسبة انخفاض بلغت ١٤.٢% عن متوسط عام ١٩٧٧م. وجاء ت أعلى قيم لدرجة العسر الكلي حسب الأبحاث المتوفرة عن أودية المملكة العربية السعودية على النحو التالي: حلت آبار القصيم بالمرتبة الأولى، حيث بلغت أعلى قيمة للعسر الكلي ٤٥٣٠ مجم/لتر (العبد العالي و آخرون،٢٠٠١). بينما جاءت آبار وادي قديد ثانيا، حيث بلغت أعلى قيمة للعسر الكلي ١٠٩٧ مجم/لتر (ألهاجري،١٩٧٧)، وثالثا آبار مدينة الرياض، حيث بلغت أعلى قيمة للعسر الكلي ٨٥١ مجم/لتر (ألرحيلي وآخرون،١٩٩٩)، أما آبار وادي وج فقد جاءت بالمرتبة الرابعة، حيث بلغت أعلى قيمة للعسر الكلي ١٣٨ مجم/لتر(غرم،١٩٨٠). وفي بعض الدراسات على مستوى العالم نجد أنة في إقليم Thessaly في اليونان بلغ متوسط نتائج العسر الكلي للمياه الجوفية لأربع مناطق ٢٩٢.٣، ٢٩٤.٢،٣١٦.٤، ٣٩٠.٣،على التوالي (Papaioannou *et al*,2007) . أما في مالاوي فقد تراوحت نتائج

العسر الكلي للمياه الجوفية بمنطقة Blantyre بين ٤٧ و ٣٢٥ مجم/لتر، أما في منطقة Chiradzulu فقد تراوحت القيم بين ٣ و ١٦٥ مجم/لتر، وفي منطقة Mulanje فقد تراوحت القيم بين صفر و ٣٢٥ مجم/لتر (Pritchard *et al*.,2007).

وفيما يخص تركيز الفلورايد فقد أوضحت نتائج المرحلة الأولى أن جميع الآبار لم تتجاوز الحدود المسموح بها ماعدا عينتين تجاوز تركيزها الحد الأعلى وهو ١.٧ مجم/لتر، و ستة عينات كانت اقل من التركيز المطلوب أي اقل من ٠.٦ مجم/لتر، وبلغ متوسط المرحلة الأولى ٠.٨٩٨ مجم/لتر، أما متوسطات المرحلة الثانية والثالثة فبلغت ٠.٧٢٢ و ٠.٦٧٨٤ مجم/لتر، على التوالي، دون تسجيل أي تجاوزات للحد الأعلى المسموح به. وبلغت نسبة الآبار التي لم تحتوى على الحد الأدنى المطلوب ٤٨% للمرحلة الثانية و ٥٤% للمرحلة الثالثة وهذا يتوافق مع الحدود الطبيعية للمياه الجوفية بصفة عامة حيث يتراوح تركيز الفلوريد من ٠.٠٥ حتى ٠.٥ مجم/لتر وقد تصل بعض الأحيان إلي ١٠ مجم/لتر حسب البيئة الجيولوجية المحيطة بالبئر (البقار، ٢٠٠٦). و في دراسة أجراها الحارثي و آخرون عام ٢٠٠٢م فقد بلغ متوسط تركيز الفلوريد للآبار الواقعة جنوب غرب مكة ١.٥٢٥ مجم/لتر، وهو اقل من المتوسط في هذه الدراسة لنفس المنطقة عام ٢٠٠٦م البالغ ٠.٩٦ مجم/لتر (ألحارثي و آخرون،٢٠٠٢). و في عام ٢٠٠٣م قام الدوسري وآخرون بقياس تركيز الفلورايد في ٨١٧ عينة مياه من ٢٦٠ موقع في المنطقة الوسطي للمملكة حيث أظهرت النتائج أن مستوى الفلورايد يتراوح بين صفر و ٦.٢٠ مجم/لتر، و٧٥% من سكان الرياض و القصيم يحصلون على مياه منخفضة الفلورايد (٠.٠٠-٠.٠٣ مجم/لتر)، في حين أن ٣% منهم يحصلون على مياه بتركيز بين ٠.٦١-٠.٨ مجم/لتر، بالمقابل فأن اغلب السكان في القصيم يحصلون على مستويات أعلى من سكان الرياض من الفلورايد تتراوح ٠.٨١ مجم/لتر. وخلصت الدراسة إلي أن هذه النتائج مفيدة في البرامج الوطنية لمراقبة الأسنان وتعتبر معلوماتها أساسيه (Aldosari *et al*.,2003). وفي عام ١٩٨٢م قام الدخيل بإجراء تحاليل كيميائية لثلاثة وخمسون بئر تمثل المياه في منطقة الزلفي وقد وجد أن تركيز الفلورايد يتراوح بين ٠.٣ و ٣ مجم/لتر (الدخيل،١٩٨٢). وفي دراسة للزهراني أجراها عام ١٩٩١م على ٦٦٧ عينة مياه لمساكن في أحياء الرياض وجد أن تركيز ايون الفلورايد اقل من الحد الأدنى للمواصفات السعودية لمياه الشرب (الزهراني،١٩٩١). بالمقابل في دراسة أخرى في الرياض على عينات للمياه الجوفية قبل وبعد عملية التنقية وجد أن تركيز الفلورايد في المياه قبل عملية التنقية يتراوح بين ٠.٣٩ و ١.٨ مجم /لتر في حين تراوحت بعد عملية التنقية بين ٠.٣ و ١.٢٦ مجم/لتر وهو اقل من الحدود المطلوبة أيضا (Alabdulaaly,1997).

وبالنسبة للصوديوم فقد بلغت المتوسطات المسجلة في هذه الدراسة للمرحلة الأولى ١١٣.٢٤ مجم/لتر، للمرحلة الثانية ١٢٨.٣٥مجم/لتر، و ٨٠.٧٥ مجم/لتر للمرحلة الثالثة. و في دراسة أجراها الحارثي و آخرون عام ٢٠٠٢م فقد بلغ متوسط الصوديوم للآبار الواقعة جنوب غرب مكة 427.6 مجم/لتر، وهو اقل من المتوسط في هذه الدراسة لنفس المنطقة عام ٢٠٠٦م البالغ 66 مجم/لتر (ألحارثي و آخرون،٢٠٠٢). وعلى مستوى الآبار فقد بلغت قيم الصوديوم في دراسة للدخيل عام ١٩٩٧م للبئر (١ ك ج غ) ٤٥٠ مجم/لتر، أما في هذه الدراسة للمراحل الثلاثة فبلغت ٦٠، ٦١.٤، و ٦٠.٧ مجم/لتر، على التوالي، و يلاحظ انخفاض كبير في قيمة تركيز الصوديوم بنسبة واحد لعشرة. هذا الانخفاض شمل أيضا نتائج البئر (٢ ك ج غ) حيث سجلت القيمة في عام ١٩٩٧م ٤٥٠ مجم/لتر، أما في هذه الدراسة فسجلت ٧٣.٩، ١٢٥.٥، و ٧٥ مجم/لتر للمراحل الثلاثة، على التوالي، (الدخيل و آخرون ، ١٩٩٧) وذلك لنفس الأسباب المذكورة مع درجة التوصيل الكهربائية ومجموع الأملاح الذائبة. من جهة أخرى وفي دراسة للجمعان عام ١٩٧٧م بلغ متوسط تركيز الصوديوم للمياه الجوفية لوادي النعمان ٩٥.٣ مجم/لتر، وارتفع هذا المتوسط عام ١٩٧٨م ليصل ٣٨٥.٤ مجم/لتر (Jamaan,1978)، وفي دراسة للمسلم و آخرون عام ١٩٨٠م لوادي النعمان بلغ متوسط الصوديوم ٧١ مجم/لتر في حين بلغ المتوسط عام ١٩٨٢م ٩٥.٩ مجم/لتر، وفي دراسة لليماني وآخرون عام ١٩٩٣م بلغ ٢٦٩.١ مجم/لتر، أما عام ١٩٩٤م فبلغ المتوسط ٢٥٩.٩ مجم/لتر(اليماني وآخرون، ١٩٩٤)، و في الدراسة الحالية بلغ المتوسط عام ٢٠٠٦م، ٢٠٠٧م ٥٣ ، ٣٤.٤ مجم/لتر، على التوالي، مما يعني أن محتوى المياه من الصوديوم في وادي النعمان عاد إلى مستويات ١٩٧٧م بعد أن ارتفع من عام ١٩٧٨ م مرورا بعام ١٩٨٠م حيث وصل إلي مستويات المائة مجم/لتر ثم تجاوز حدود المائتين مجم/لتر عام ١٩٩٣م و ١٩٩٤م وقد يكون ذلك لسهولة ذوبان أملاح الصوديوم من الصخور والرسوبيات في المياه أثناء مرورها إلي المتكون المائي في المواسم المطرية (المنهراوي و حافظ،١٩٩٧). وجاءت متوسطات تراكيز الصوديوم حسب أودية المملكة العربية السعودية على النحو التالي: حلت آبار وادي عكرمة بالمرتبة الأولى، حيث بلغ المتوسط ٢٨.٥ مجم/لتر (ألغامدي،١٩٩٧)، بينما جاءت آبار الزلفى ثانيا، بمتوسط ٤٥.٤ مجم/لتر (الدخيل ،١٩٨٢)، وثالثا آبار مدينة أبها ٦٤.٧ مجم/لتر (السليماني و آخرون، ٢٠٠٠)، أما آبار وادي فاطمة جاء ت بالمرتبة الرابعة، وبمتوسط ٨٢.٨ مجم/لتر(ألغامدي،١٩٩٧)، وخامسا آبار وادي قديد ١٧٤.٢ مجم/لتر (ألهاجري،١٩٧٧)، وسادسا آبار وادي يلملم ، حيث بلغ المتوسط ٢٦٢.٧ مجم/لتر(الصبياني،٢٠٠٤)، أما آبار وادي الصفراء فقد جاءت بالمرتبة السابعة، حيث بلغ المتوسط ٤٣٠.٥ مجم/لتر(الأحمدي،١٩٨٤). وفي بعض الدراسات على مستوى العالم تراوحت

قيم الصوديوم في المياه الجوفية في منطقة polje في كرواتيا بين ٥.٣ و ٨.٦٩ مجم/لتر وهي منخفض جدا إذا ما قورنت مع نتائج الدراسة الحالية (Markovic *et al*., 2006). و تراوحت القيم لسبعة وخمسون بئر في منطقة Kakamigahara في اليابان بين ٦.٩ و ٢١.٩ مجم/لتر وهي أيضا منخفضة عن الدراسة الحالية بنسبة كبيره (Babiker *et al*., 2004). وفي عام ٢٠٠٥م قام Zingoni و آخرون بدراسة تأثير عمليات الاستيطان و أنشطة التمدن على جودة المياه الجوفية في منطقة Epworth في دولة زيمبابوي، وكانت قيم الصوديوم بين ١٣.٢٨ مجم/لتر اقل قيمة و أعلى قيمة ٩٢.٠٩ مجم/لتر.

وبالنسبة للبوتاسيوم الذي يعتبر قليل الأهمية إلا عند دراسة النسب بين الكاتيونات الأحادية والثنائية (دليل جيمس للمياه، 1997)، فان المتوسطات المسجلة في هذه الدراسة للمراحل الثلاثة لم تتغير كثيرا وهو ما يتفق مع الدراسة التي أجراها الحارثي و آخرون عام ٢٠٠٢م فقد بلغ متوسط البوتاسيوم للآبار الواقعة جنوب غرب مكة ٩.٦٧ مجم/لتر، وهو اقل بقليل من المتوسط في هذه الدراسة لنفس المنطقة عام ٢٠٠٦م البالغ ١٠.٦١ مجم/لتر(ألحارثي و آخرون،٢٠٠٢). وقد بلغ متوسط البوتاسيوم في دراسة للجمعان عام ١٩٧٧م للمياه الجوفية بوادي النعمان ٨.٣٤ مجم/لتر و انخفض هذا المتوسط بعد سنة واحدة ليبلغ ٦.٦ مجم/لتر (Jamaan,1978)، وفي دراسة للمسلم و آخرون بوادي النعمان بلغ متوسط البوتاسيوم عام ١٩٨٠م ٣ مجم/لتر في حين بلغ المتوسط عام ١٩٨٢م ٣.٢ مجم/لتر(المسلم وآخرون،١٩٨٢)، وفي دراسة لليماني وآخرون بلغ المتوسط عام ١٩٩٣م ٧ مجم/لتر في حين بلغ المتوسط عام ١٩٩٤م ٩.٣٩ مجم/لتر (اليماني وآخرون،١٩٩٤)، وبلغ المتوسط في هذه الدراسة عام ٢٠٠٦م ٥.٥ مجم/لتر، في حين بلغ المتوسط عام ٢٠٠٧م ٢.٩ مجم/لتر وهوما يتفق مع التذبذب في متوسطات الصوديوم. وجاءت متوسطات البوتاسيوم حسب أودية المملكة العربية السعودية تصاعديا على النحو التالي: حلت آبار وادي عسفان بالمرتبة الأولى، حيث بلغ المتوسط 3.9 مجم/لتر، بينما جاءت آبار وادي العقيق ثانيا، حيث بلغ المتوسط 4 مجم/لتر(الجمل، ١٩٨٠)، وثالثا آبار وادي تربة ٤.٦٩ مجم/لتر(اليماني وآخرون، ١٩٩٤)، أما آبار مدينة أبها فقد جاءت بالمرتبة الرابعة، بمتوسط ٤.٧ مجم/لتر(السليماني و آخرون، ٢٠٠٠)، وخامسا آبار وادي قديد وبمتوسط 5 مجم/لتر، وسادسا آبار وادي خليص، حيث بلغ المتوسط 6مجم/لتر(الجمل، ١٩٨٠)، أما آبار وادي الصفراء فقد جاء بالمرتبة السابعة، حيث بلغ المتوسط ٦.٠١ مجم/لتر (الأحمدي،١٩٨٤)، و آبار وادي فاطمة ثامنا بمتوسط ٦.٣ مجم/لتر (أليماني و آخرون،١٩٩٧)، و آبار وادي القحا بالمرتبة التاسعة، حيث بلغ المتوسط 7.2 مجم/لتر، وبالمرتبة العاشرة آبار وادي وج بالطائف ٧.٥ مجم/لتر (الجمل، ١٩٨٠)، و آبار وادي يلملم بالمرتبة الحادية عشرة

بمتوسط ٨.٥ مجم/لتر (الصبياني،٢٠٠٤)، و آبار وادي غران بالمرتبة الثانية عشرة، بمتوسط ١٠.٩مجم/لتر(اليماني وآخرون ،١٩٩٤)، و آبار وادي لية بالطائف بالمرتبة الثالثة عشر و بمتوسط ١١.٣ مجم/لتر (الجمل، ١٩٨٠). وفي بعض الدراسات على مستوى العالم سجلت أعلى قيمة للبوتاسيوم للمياه الجوفية في منطقة polje في كرواتيا ٣.١٨ مجم/لتر (Markovic *et al*., 2006). و تراوحت القيم لسبعة وخمسون بئر في منطقة Kakamigahara في اليابان بين ١.٩ و ٨.٣ مجم/لتر (Babiker *et al*., 2004).

وفيما يخص المغنسيوم فقد انخفضت المتوسطات المسجلة في هذه الدراسة ابتداء من المرحلة الأولى ٤٧.٣ مجم/لتر، و مرور بالمرحلة الثانية ٤٥.٥٨ مجم/لتر، وأخيرا المرحلة الثالثة ٣٨.١٤ مجم/لتر. و في دراسة أجراها الحارثي و آخرون عام ٢٠٠٢م فقد بلغ متوسط المغنسيوم للآبار الواقعة جنوب غرب مكة ٥٨.٥ مجم/لتر، وهو اقل بقليل من المتوسط في هذه الدراسة لنفس المنطقة عام ٢٠٠٦م البالغ ٥٢.٥ مجم/لتر (ألحارثي وآخرون، ٢٠٠٢). وعلى مستوى الآبار فقد بلغت قيم المغنسيوم في دراسة لوزارة الصحة عام ١٩٩٨م للآبار (٥ ز ش غ)، (٦ ز ش ع)، (٣ ا ش غ) ٣٩.٢، ٤١.١، ٤١.١ مجم/لتر، على التوالي، في حين انخفضت القيم في هذه الدراسة ٣٦.٥، ٢٣.١، ٢٣.١ مجم/لتر للمرحلة الأولى، ٣٦.١، ٢١.٢، ٢٧.٢ مجم/لتر للمرحلة الثانية و للمرحلة الثالثة ١٩، ١٦.٨، ١١.٢ مجم/لتر، على التوالي (وزارة الصحة ١٩٩٨). وفي دراسة للدخيل عام ١٩٩٧م فقد بلغ تركيز المغنسيوم للبئر (١ ك ج غ) ٥١.٥ مجم/لتر، أما في هذه الدراسة فقد انخفضت القيم للمراحل الثلاثة ١٦.٨، ٢٠.٢، و ١٤.١١مجم/لتر، على التوالي، هذا الانخفاض شمل أيضا نتائج البئر (٢ ك ج غ) حيث سجلت القيمة في عام ١٩٩٧م ٥٨ مجم/لتر، أما في هذه الدراسة فسجلت ٣٩.٢، ٣٠.٣، و ١٨.٤ مجم/لتر للمراحل الثالثة على التوالي (الدخيل و آخرون ، ١٩٩٧). ويلاحظ أن الانخفاض في القيم مع الزمن لنفس الأسباب السابقة الذكر مع الكاتيونات. من جهة أخرى فقد بلغ متوسط المغنسيوم للمياه الجوفية لوادي النعمان ٤٣.٩ مجم/لتر وذلك في دراسة للجمعان عام ١٩٧٧م ، وانخفض هذا المتوسط ليبلغ ١٥.٨ مجم/لتر عام 1978م (Jamaan,1978)، أما في دراسة المسلم و آخرون عام ١٩٨٠م لوادي النعمان فقد بلغ المتوسط ٣٤.٣ مجم/لتر في حين بلغ المتوسط عام ١٩٨٢م ٢٣ مجم/لتر(المسلم وآخرون،١٩٨٢)، وبلغ المتوسط في دراسة لليماني عام ١٩٩٣م ٤٧.٦ مجم/لتر، وفي عام ١٩٩٤م بلغ المتوسط ٣٩ مجم/لتر(اليماني وآخرون،١٩٩٤)، و في هذه الدراسة فقد بلغ المتوسط عام ٢٠٠٦م ٤٩ مجم/لتر و وبلغ عام ٢٠٠٧م ٣١.٣ مجم/لتر، وهذا يؤيد نتائج العناصر السابقة لوادي النعمان من كون مياه هذا الوادي تتأثر بمعدل هطول الأمطار. وجاءت متوسطات تركيز المغنسيوم حسب أودية السعودية تنازليا

على النحو التالي: حلت آبار وادي الصفراء بالمرتبة الأولى، حيث بلغ المتوسط ٧٥.٦ مجم/لتر (الأحمدي،١٩٨٤)، بينما جاءت آبار وادي يلملم ثانيا، بمتوسط ٧٣.٨ مجم/لتر (الصبياني،٢٠٠٤)، وثالثا آبار وادي قديد، بمتوسط ٥٧.٩ مجم/لتر(ألهاجري ،١٩٧٧)، أما آبار وادي المرواني فقد جاءت بالمرتبة الرابعة، وبمتوسط ٣٢.٥ مجم/لتر (اليماني وآخرون، ١٩٩٤)، وخامسا آبار وادي تربة وبمتوسط ٣٠.٦ مجم/لتر (اليماني وآخرون،١٩٩٤)، وسادسا آبار وادي فاطمة، حيث بلغ المتوسط ٢٤ مجم/لتر (ألغامدي،١٩٩٧)، أما آبار منطقة تبوك فقد جاءت بالمرتبة السابعة، حيث بلغ المتوسط ٢٣.٦ مجم/لتر (الصقبي ،١٩٧٨). و آبار مدينة أبها ثامنا بمتوسط ٢١.٢ مجم/ لتر(السليماني و آخرون، ٢٠٠٠)، و آبار وادي عكرمة بالمرتبة التاسعة، حيث بلغ المتوسط ١٣.٨ مجم/لتر(ألغامدي،١٩٩٧). وفي بعض الدراسات على مستوى العالم سجلت أعلى قيمة للمغنسيوم للمياه الجوفية في منطقة polje في كرواتيا ١٧.٧ مجم/لتر (Markovic *et al*., 2006). و تراوحت القيم لسبعة وخمسون بئر في منطقة Kakamigahara في اليابان بين ١٤.٨ و ٢.٥مجم/لتر (Babiker *et al*., 2004).

وبالنسبة للكالسيوم فقد تقاربت المتوسطات المسجلة للمراحل الثلاثة في هذه الدراسة فبلغت ١٢١.٤، ١٢٨.٠١ و١١٣.٣٧ مجم/لتر، على التوالي. و في دراسة أجراها الحارثي و آخرون عام ٢٠٠٢م فقد بلغ متوسط الكالسيوم للآبار الواقعة جنوب غرب مكة ١٠٦ مجم/لتر، وهو اقل من المتوسط في هذه الدراسة لنفس المنطقة عام ٢٠٠٦م البالغ ١٢٣ مجم/لتر (ألحارثي و آخرون ،٢٠٠٢). وعلى مستوى الآبار فقد بلغت قيم الكالسيوم في دراسة لوزارة الصحة عام ١٩٩٨م للآبار (٥ ز ش غ)، (٦ ز ش ع)، ١٤٦.٦، ١٧٨.٧ مجم/لتر، على التوالي، في حين بلغت القيم في هذه الدراسة ٨١، ٥٠ مجم/لتر للمرحلة الأولى، و للمرحلة الثانية ٨٠.١، ٤٧ مجم/لتر، و للمرحلة الثالثة ٣٦.٨، ٤٣.٢ مجم/لتر، على التوالي (وزارة الصحة ١٩٩٨)،ويلاحظ الانخفاض للقيم مع الزمن لنفس الأسباب السابقة للكاتيونات. و في دراسة للجمعان عام ١٩٧٧م بلغ متوسط الكالسيوم للمياه الجوفية لوادي النعمان ١٢٥ مجم/لتر، وبعد سنة بلغ المتوسط ١٣٦ مجم/لتر (Jamaan,1978)، وفي دراسة للمسلم و آخرون عام ١٩٨٢م لنفس الوادي بلغ المتوسط ١٢٤ مجم/لتر(المسلم وآخرون،١٩٨٤)، أما في دراسة اليماني عام ١٩٩٣م فبلغ المتوسط ١٥٤ مجم/لتر، وفي عام ١٩٩٤م بلغ ١٥٢ مجم/لتر(اليماني وآخرون،١٩٩٤)، و في هذه الدراسة عام ٢٠٠٦م بلغ المتوسط ١١٢.٥ مجم/لتر و متوسط عام ٢٠٠٧م ١١١.٣ مجم/لتر، وهذا يتفق مع نتائج الكاتيونات السابقة لوادي النعمان. وجاءت متوسطات تركيز الكالسيوم حسب أودية المملكة العربية السعودية تصاعديا على النحو التالي: حلت آبار منطقة تبوك بالمرتبة الأولى، حيث بلغ المتوسط ٥٨ مجم/لتر (الصقبي،١٩٧٨)، بينما جاء وادي خليص ثانيا، حيث بلغ المتوسط ٦٤.٢

مجم/لتر(الجمل، ١٩٨١)، وثالثا آبار مدينة أبها ٦٦.٧ مجم/لتر (السليماني و آخرون، ٢٠٠٠)، أما آبار وادي عكرمة فقد جاءت بالمرتبة الرابعة بمتوسط ٧٦مجم/لتر (ألغامدي،١٩٩٧)، وخامسا آبار وادي المرواني وبمتوسط ٨٤.٦ مجم/لتر(اليماني وآخرون،١٩٩٤)، وسادسا آبار وادي فاطمة، حيث بلغ المتوسط ٩٩ مجم/لتر (ألغامدي،١٩٩٧)، أما آبار وادي العقيق فقد جاءت بالمرتبة السابعة، حيث بلغ المتوسط ١٣٩ مجم /لتر(الجمل، ١٩٨٠)، و آبار وادي غران ثامنا بمتوسط ١٧٢ مجم/لتر (اليماني وآخرون ،١٩٩٤)، و آبار وادي القحا بالمرتبة التاسعة، حيث بلغ المتوسط ١٨٩مجم/لتر(الجمل، ١٩٨٠)، وبالمرتبة العاشرة آبار وادي يلملم وبمتوسط ٢٢٦ مجم/لتر (الصبياني،٢٠٠٤)، و آبار وادي الصفراء بالمرتبة الحادية عشرة بمتوسط ٢٥٤ مجم/لتر(الأحمدي،١٩٨٤)، و آبار وادي قديد بالمرتبة الثانية عشرة، بمتوسط ٢٥٦ مجم/لتر(ألهاجري،١٩٧٧)، و آبار وادي وج بالمرتبة الثالثة عشر و بمتوسط ٢٩٣.٧ مجم/لتر (غرم، ١٩٨٠).وفي بعض الدراسات على مستوى العالم سجلت أعلى قيمة الكالسيوم للمياه الجوفية في منطقة polje في كرواتيا ١٣٦ مجم/لتر وأقل قيمة ٨٤ مجم/لتر (Markovic *et al*., 2006). و تراوحت القيم للكالسيوم للآبار في منطقة Kakamigahara في اليابان بين ٢.٥ و ٦٧.٣ مجم/لتر (Babiker *et al*., 2004).

بالنسبة لتركيز النحاس فقد بلغ متوسط المرحلة الأولى ٠.١٢٣ مجم/لتر، أما المرحلة الثانية و الثالثة فبلغت المتوسطات ٠.٠١٢٣ و ٠.١٦٣ مجم/لتر، على التوالي، و في دراسة أجراها الحارثي و آخرون عام ٢٠٠٢م فقد بلغ متوسط تركيز النحاس للآبار الواقعة جنوب غرب مكة ١.٦٦ مجم/لتر، وهو أعلى من المتوسط في هذه الدراسة لنفس المنطقة عام ٢٠٠٦م البالغ ٠.٦٧ مجم/لتر (الحارثي و آخرون،٢٠٠٢). وعلى مستوى الآبار فقد بلغت قيم النحاس في دراسة لوزارة الصحة عام ١٩٩٨م للآبار (٥ ز ش غ)، (٦ ز ش ع) و (٣ ا ش غ) ٠.٠٠١، ٠.٠٥٦ و ٠.٠٠٣ مجم/لتر، على التوالي، في حين بلغت القيم في هذه الدراسة 0.55، 0.12، 0.12 مجم/لتر للمرحلة الأولى، و للمرحلة الثانية ٠.٠٠٦، ٠.٠٠٤، ٠.٠٢٣ مجم/لتر، وللمرحلة الثالثة ٠.٠٩، ٠.٠٤٣، ٠.٣٧ مجم/لتر، على التوالي (وزارة الصحة ١٩٩٨). وبمقارنة قيم متوسط النحاس في هذه الدراسة مع قيمة المتوسط لمياه الآبار لمدينة أبها ٠.٠٣٠ مجم/لتر نجد أن القيم متقاربة وبالتالي لا يوجد حتى الآن أي زيادة في تركيز النحاس نتيجة أي تلوث وان القيم التي رصدت في الدراسة الحالية تدل على انخفاض تركيزه أصلا في الصخور المحيطة بالمياه الجوفية (السليماني و آخرون، ٢٠٠٠).

و لا يختلف الأمر كثيرا بالنسبة لتركيز الحديد فقد بلغ متوسط المرحلة الأولى ٠.٠٣٤٣ مجم/لتر، أما المرحلة الثانية و الثالثة فبلغت المتوسطات ٠.٠٣٠٤ و ٠.٠٣٣٢ مجم/لتر، على

التوالي، و في دراسة أجراها الحارثي و آخرون عام ٢٠٠٢م فقد بلغ متوسط تركيز الحديد للآبار الواقعة جنوب غرب مكة ١.٥مجم/لتر، وهو أعلى من المتوسط في هذه الدراسة لنفس المنطقة عام ٢٠٠٦م البالغ ٠.٦٩ مجم/لتر(ألحارثي و آخرون،٢٠٠٢). وعلى مستوى الآبار فقد بلغت قيم الحديد في دراسة لوزارة الصحة عام ١٩٩٨م للآبار (٥ ز ش غ)، (٦ ز ش ع) و (٣ ا ش غ) ٠.٠٥٩، ٠.١٠٦ و ٠.٠٦ مجم/لتر،على التوالي، في حين بلغت القيم في هذه الدراسة ٠.٠٨٦، ٠.٠٢١، ٠.٠٠٨ مجم/لتر للمرحلة الأولى، و للمرحلة الثانية ٠.٠٢، ٠.٠٢، ٠.٠٤ مجم/لتر، وللمرحلة الثالثة ٠.٠٢٣، ٠.٠٢٥، ٠.٠٤٨ مجم/لتر، على التوالي (وزارة الصحة، ١٩٩٨). وبمقارنة قيم متوسط الحديد في هذه الدراسة مع قيمة المتوسط لمياه الآبار بمدينة أبها البالغ ١ مجم/لتر نجده متقارب وبالتالي لا يوجد أي زيادة في تركيز الحديد نتيجة أي تلوث وان القيم التي رصدت في الدراسة الحالية تدل على انخفاض تركيزه أصلا في الصخور المحيطة بالمياه الجوفية لمكة المكرمة حيث تتضاءل فرص التلوث الصناعي(السليماني و آخرون، ٢٠٠٠). وهذا يتفق مع النتائج المسجل في المياه الجوفية بجنوب النيل حيث لا توجد ملوثات صناعية بعكس منطقة شبرا الخيمة الصناعية بشمال القاهرة، منطقة كفر الدوار الصناعية شمال الدلتا، و منطقة ميت غمر التي يرتفع فيها تركيز الحديد(المنهراوي و حافظ،١٩٩٧).

وفيما يخص الكلوريدات فقد بلغت المتوسطات المسجلة في هذه الدراسة للمرحلة الأولى ٢٧٣.٩٣ مجم/لتر، وللمرحلة الثانية ٢٤٨.٥٥ مجم/لتر، و ٣٦١.٦٦ مجم/لتر للمرحلة الثالثة. و في دراسة أجراها الحارثي و آخرون عام ٢٠٠٢م فقد بلغ متوسط الكلوريدات للآبار الواقعة جنوب غرب مكة ٢٣٧.٤ مجم/لتر، وهو اقل من المتوسط في هذه الدراسة لنفس المنطقة عام ٢٠٠٦م البالغ ٢٥٩.٥ مجم/لتر. (ألحارثي و آخرون،٢٠٠٢). وعلى مستوى الآبار فقد بلغت قيم الكلوريدات في دراسة لوزارة الصحة عام ١٩٩٨م للآبار (٥ ز ش غ)، (٦ ز ش ع)، (٣ ا ش غ) ٢٨٥.٤، ٣٨١.٥، ٢٧٦.٦ مجم /لتر، على التوالي، في حين بلغت القيم في هذه الدراسة ١٨٠.٦، ١٢٤.٩، ٢٢٩.١ مجم/لتر للمرحلة الأولى، و ٦٨.٢، ٧٤، ٨٠٥.٥ مجم/لتر للمرحلة الثانية، و ٢٤٨.١، ٢١٨.٤، ٧٣٨.٤ للمرحلة الثالثة (وزارة الصحة ١٩٩٨). وفي دراسة للدخيل عام ١٩٩٧م للبئر (١ ك ج غ) فقد بلغ تركيز الكلوريدات ٤٥٠.٥ مجم/لتر، أما في هذه الدراسة فسجلت القيم التالية ١٢٤.٦، ٥٢.٥، ١٤٠.٩٦مجم/لتر للمراحل الثلاثة، على التوالي، أيضا الانخفاض شمل نتائج البئر (٢ ك ج غ) حيث سجلت القيمة في عام ١٩٩٧م ٤٤٨.٦ مجم/لتر، أما في هذه الدراسة فسجلت ٤١٥.٦، ١٢٩.٩، ٢٦٩.٩مجم/لتر للمراحل الثالثة، على التوالي (الدخيل و آخرون ، ١٩٩٧) وذلك لنفس الأسباب المذكورة مع الصوديوم ومجموع الأملاح الكلية الذائبة. من جهة أخرى و في دراسة للجمعان عام ١٩٧٧م فقد بلغ متوسط تركيز

الكلوريدات للمياه الجوفية لوادي النعمان ١٤٤ مجم/لتر، وارتفعت هذه النتيجة قليلا حيث بلغ المتوسط ١٤٦ مجم/لتر في عام ١٩٧٨م (Jamaan,1978)، ولم يتغير المتوسط في دراسة المسلم و آخرون عام ١٩٨٠م لوادي النعمان حيث بلغ ١٤٩.٧ مجم/لتر(المسلم وآخرون،١٩٨٤)، في حين ارتفع المتوسط في دراسة لليماني وآخرون عام ١٩٩٣م و١٩٩٤م ليبلغ ٣٨٩، ٣٨١ مجم/لتر، على التوالي(اليماني وآخرون، ١٩٩٤)، و في هذه الدراسة انخفضت متوسطات العامين ٢٠٠٦م، ٢٠٠٧م لتصل إلي ٢١٧، ٨٨ مجم/لتر. وسجلت أعلى تراكيز للكلوريدات حسب أودية السعودية تصاعديا على النحو التالي: حلت آبار وادي الصفراء بالمرتبة الأولى، فقد بلغت أعلى قيمة ١٩٢٤.٤مجم/لتر (الأحمدي،١٩٨٤)، بينما جاءت آبار وادي لية ثانيا، وبلغت أعلى قيمة ٨٥٠مجم/لتر(الجمل، ١٩٨٠)، وثالثا آبار وادي قديد، حيث بلغت أعلى قيمة ٨٢٨مجم/لتر(ألهاجري،١٩٧٧)، أما آبار وادي عسفان فقد جاءت بالمرتبة الرابعة، و بلغت أعلى قيمة ٨٢٦ مجم/لتر(الجمل، ١٩٨٠)، وخامسا آبار وادي خليص، حيث بلغت أعلى قيمة ٦٨٣ مجم/لتر(الجمل، ١٩٨٠)، أما آبار وادي فاطمة فقد جاء بالمرتبة السادسة، حيث بلغت أعلى قيمة ٦٨٠ مجم/لتر(الجمل، ١٩٨١)، وفي المرتبة السابعة آبار وادي يلملم، حيث بلغت أعلى قيمة ٦٤٣.٩ مجم/لتر(الصبياني، ٢٠٠٤)، و آبار وادي غران ثامنا، إذ بلغت أعلى قيمة ٦٢٧.٩ مجم/لتر (اليماني وآخرون، ١٩٩٤)، و آبار مدينة الرياض بالمرتبة التاسعة، بأعلى قيمة ٣٧٨ مجم/لتر(ألرحيلي وآخرون ،١٩٩٩)، وبالمرتبة العاشرة آبار وادي قحا، بأعلى قيمة ٣٤٩ مجم/لتر(الجمل، ١٩٨٠)، و آبار مدينة أبها بالمرتبة الحادية عشرة، فبلغت أعلى قيمة ٢٨٦ مجم/لتر(السليماني و آخرون، ٢٠٠٠)، و آبار منطقة تبوك بالمرتبة الثانية عشرة، فبلغت أعلى قيمة ١٣٧ مجم/لتر(الصقبي، ١٩٧٨)،و آبار وادي تربة بالمرتبة الثالثة عشر، بأعلى قيمة بلغت ١٢٤.١ مجم/لتر(اليماني وآخرون،١٩٩٤)، و آبار وادي العقيق بالمرتبة الرابعة عشر، إذ بلغت أعلى قيمة ١١١ مجم/لتر(الجمل، ١٩٨٠). وفي بعض الدراسات على مستوى العالم بلغ متوسط قيمة الكلوريدات للمياه الجوفية في مدينة ٦ أكتوبر في مصر ٣١٥٠ مجم/لتر وهذه القيمة مرتفعة مقارنة مع الدراسة الحالية (المنهراوي و حافظ،١٩٩٧).

وفيما يخص الكبريتات فقد بلغت المتوسطات المسجلة في هذه الدراسة للمرحلة الأولى ٤٦٨.٠٦ مجم/لتر، وللمرحلة الثانية ٣٢٣.٧٢ مجم/لتر، أما للمرحلة الثالثة فبلغت ٤٧٨.٣٢ مجم/لتر. و في دراسة أجراها الحارثي و آخرون عام ٢٠٠٢م فقد بلغ متوسط الكبريتات للآبار الواقعة جنوب غرب مكة ٦٣.٢٣ مجم/لتر، وهو اقل من المتوسط في هذه الدراسة لنفس المنطقة عام ٢٠٠٦م البالغ ٤١٨.٦ مجم/لتر، مما يعني حدوث ارتفاع كبير حتى ٢٠٠٦م ثم بداية انخفاض تدريجي (ألحارثي و آخرون ،٢٠٠٢). وعلى مستوى الآبار فقد بلغت قيم الكبريتات في دراسة

لوزارة الصحة عام ١٩٩٨م للآبار (٥ ز ش غ)، (٦ ز ش ع)، (١٣ ا ش غ) ١٧.٩، ٤٠.٧، ٢٣ مجم/لتر، على التوالي، في حين بلغت القيم في هذه الدراسة ٣٩٣.٧، ٣٣٢.٨، ٢٦٢.٧ مجم/لتر للمرحلة الأولى و ١٩٠.٤، ٩١.٧، ٩٤٢.١ مجم/لتر للمرحلة الثانية و الثالثة ١٦٩، ٢٠٠، ٩٤٠، على التوالي، وهو دليل على توافق النتائج بحدوث ارتفاع مفاجئ (وزارة الصحة ١٩٩٨). وفي دراسة للدخيل للبئر(١ ك ج غ) فقد بلغ تركيز الكبريتات ٣٤٠.٥ مجم/لتر عام ١٩٩٧م، أما في هذه الدراسة للمراحل الثلاثة فكانت النتائج ٣٥٤.١، ١٣٠.٨، ١٨٧.٥ مجم/لتر، على التوالي، أيضا الانخفاض التدريجي بعد الارتفاع شمل نتائج البئر (٢ ك ج غ) حيث سجلت القيمة في عام ١٩٩٧م ٣٦٧.٢ مجم/لتر، أما في هذه الدراسة فسجلت ٥٧٥.٨، ٢٥١.٥، ٢٥٤ مجم/لتر للمراحل الثالثة، على التوالي (الدخيل و آخرون ، ١٩٩٧). وهذا الارتفاع الكبير يؤكد وصول التلوث بالمخلفات الحيوية الذي حصل بمخلفات المجازر للمياه الجوفية، وكذلك التأثير السلبي لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي داخل حدود مدينة مكة المكرمة. من جهة أخرى بلغ متوسط تركيز الكبريتات للمياه الجوفية لوادي النعمان في دراسة للجمعان عام ١٩٧٧م ١٤٦ مجم/لتر، وارتفعت هذه النتيجة حيث بلغ المتوسط ١٧٢ مجم/لتر في عام ١٩٧٨م (Jamaan,1978)، وارتفع المتوسط في دراسة للمسلم و آخرون عام ١٩٨٢م لوادي النعمان حيث بلغ ٢١٣ مجم/لتر (المسلم وآخرون، ١٩٨٢) و في هذه الدراسة بلغ المتوسط عام ٢٠٠٦م،٤١٢ مجم/لتر وهو ارتفاع مفاجأ، وعاد وانخفض عام ٢٠٠٧م ليصل إلي ١١٨ مجم/لتر مما يدلل على أن المياه تعرضت للتلوث وبدأت تستعيد توازنها طبيعيا، لان المياه الجوفية في هذا المنطقة تعتبر من المياه المتجدد والغير العميقة. وجاءت أعلى تراكيز للكبريتات حسب أودية المملكة العربية السعودية تنازليا على النحو التالي: حلت آبار وادي الصفراء بالمرتبة الأولى، فقد بلغت أعلى قيمة ١٣١٧.٩ مجم/لتر(الأحمدي، ١٩٨٤)، بينما جاءت آبار وادي العقيق ثانيا، فبلغت أعلى قيمة ١٣٠٠ مجم/لتر(الجمل، ١٩٨٠)، وثالثا آبار وادي قديد، و بلغت أعلى قيمة ٨٦٧ مجم/لتر(الهاجري، ١٩٧٧)، أما آبار وادي يلملم فقد جاءت بالمرتبة الرابعة، و بلغت أعلى قيمة ٧٨٢.٢ مجم/لتر(الصبياني، ٢٠٠٤)، وخامسا آبار وادي عسفان، حيث بلغت أعلى قيمة ٧٧٦ مجم/لتر(الجمل، ١٩٨٠)، أما آبار مدينة الرياض فقد جاء بالمرتبة السادسة، حيث بلغت أعلى قيمة ٤٨٦ مجم/لتر(ألرحيلي وآخرون، ١٩٩٩)، وفي المرتبة السابعة آبار وادي خليص، حيث بلغت أعلى قيمة ٣٧٤ مجم/لتر(الجمل، ١٩٨٠)، و آبار وادي قحا ثامنا، إذ بلغت أعلى قيمة ٣٠٧ مجم/لتر(الجمل، ١٩٨٠)، و آبار منطقة تبوك حلت بالمرتبة التاسعة، بأعلى قيمة ٧٦ مجم/لتر(الصقبي، ١٩٧٨). وفي بعض الدراسات على مستوى العالم تراوحت قيم الكبريتات للمياه الجوفية في منطقة polje في كرواتيا بين ٤٧ و١٨ مجم/لتر (Markovic *et al*., 2006). و

تراوحت القيم لسبعة وخمسون بئر في منطقة Kakamigahara في اليابان بين ١١٦، ٩ مجم/لتر(Babiker *et al*., 2004).

بالنسبة للمركبات المحتوية على النتروجين الذي يعتبر من أهم العناصر الموجودة في الطبيعة، حيث أن التفاعلات البيولوجية لا تحدث إلا في وجود كمية كافية من النتروجين فنجد أنه قد يأخذ النتروجين الأشكال الرئيسية التالية النتروجين الأموني، النتريتي، والنتراتي (البسام، ٢٠٠١). وفي الدراسة الحالية نجد أن جميع قيم الامونيا كانت أقل من ٠.٠٤ مجم/لتر في جميع الآبار داخل مكة حيث من السهل أكسدتها إلي النتريت (دليل جيمس للمياه، 1997). في حين بلغ متوسط النتريت للمرحلة الأولى ٠.٠٢٨٦ مجم/لتر، أما للمرحلة الثانية و للمرحلة الثالثة فبلغت المتوسطات ٠.٠٣٠٩ و ٠.٠٥٧٨ مجم/لتر، على التوالي، حيث من النادر وجود ايون النتريت في المياه الجوفية (المنهراوي و حافظ ،١٩٩٧). أما النترات فبلغت أعلى قيمة ١٦٤٩ مجم/لتر، وكانت للبئر(٣ج) الواقع خارج مكة المكرمة في المنطقة الجنوبية، وهي أكثر من الحد الأعلى للمواصفات السعودية بثلاثمائة وثلاثون مره، في حين بلغ متوسط المرحلة الأولى البالغ ٢٥٧.١٦ مجم/لتر وهو اقل من متوسط المرحلة الثانية البالغ ٢٥٥.٩٢ مجم/لتر، ومن متوسط المرحلة الثالثة ١٠٦.٨٧مجم/لتر. و في دراسة أجراها الحارثي و آخرون عام ٢٠٠٢م فقد بلغ المتوسط للنترات للآبار الواقعة جنوب غرب مكة ١٤.٩ مجم/لتر، وهو اقل بكثير من المتوسط في هذه الدراسة لنفس المنطقة عام ٢٠٠٦م البالغ ٢١٦ مجم/لتر، مما يعكس مدى تأثر المياه الجوفية بالتلوث الناجم عن محطة معالجة مياه الصرف الصحي بالكعكية (الحارثي و آخرون،٢٠٠٢)، وعن عملية صرف مخلفات المجازر عام ٢٠٠٣م (خيرو و اخرون، ٢٠٠٣). و من جهة أخرى وفي دراسة للمسلم و آخرون عام ١٩٨٠م لوادي النعمان فقد بلغ المتوسط للنترات ٨.٥ مجم/لتر في حين بلغ المتوسط عام ١٩٨٢م ٩.٤ مجم/لتر، وبلغ المتوسط في هذه الدراسة عام ٢٠٠٦م ١٥٧ مجم/لتر، أما في عام ٢٠٠٧م فبلغ المتوسط ١١٦ مجم/لتر بنسبة ارتفاع تجاوزت العشر أضعاف عن متوسط عام ١٩٨٠م. وقد تباينه متوسطات النترات لمياه الآبار ببعض الأودية بالسعودية من القيم المسجلة في هذه الدراسة، ففي عام ٢٠٠١م قام العبد العالي و آخرون بدراسة تراكيز النترات بمياه الشرب في السعودية من خلال جمع ١٠٦٠عينة من مياه الآبار المستخدمة للشرب في مناطق مختلفة من المملكة، كما تم جمع ١٥٣ عينة مياه خلال سنة من تسع آبار في منطقتي الرياض و القصيم بهدف التعرف على التغيرات الموسمية للنترات، وأوضحت نتائج الدراسة تفاوت تركيز النترات في مياه الآبار التي تم فحصها ما بين ١.١ إلى ٨٨٤ مجم/لتر، وأن هناك تجاوزا كبيرا للحد المسموح به محليا وعالميا. وجاءت متوسطات تركيز النترات حسب المناطق على النحو التالي: حلت منطقة جازان بالمرتبة الأولى، حيث بلغ المتوسط ٦٥.٧ مجم /

لتر، بينما جاءت منطقة عسير ثانيا، حيث بلغ المتوسط ٦٠.٣ مجم/لتر، وثالثا منطقة القصيم، حيث بلغ المتوسط ٦٠ مجم/لتر، أما منطقة حائل فقد جاءت بالمرتبة الرابعة، حيث بلغ المتوسط ٥١.٣٠ مجم/لتر، ومنطقة مكة المكرمة خامسا بمتوسط ٤٢ مجم/لتر، ومنطقة المدينة المنورة بالمرتبة السادسة، حيث بلغ المتوسط ٤١.٣ مجم/لتر، ومنطقة الباحة سابعا، بمتوسط ٣٩ مجم/لتر، ومنطقة نجران بالمرتبة الثامنة، بمتوسط ٣٨ مجم/لتر، ومنطقة تبوك بالمرتبة التاسعة، و بمتوسط ٣٠.٧ مجم/لتر، والمنطقة الشرقية بالمرتبة العاشرة، بمتوسط ٢٥.٢ مجم/لتر، ومنطقة الرياض بالمرتبة الحادية عشرة، بمتوسط ١٨.٥ مجم/لتر، ومنطقة الجوف بالمرتبة الثانية عشرة، إذ بلغ المتوسط ١٥.٨ مجم/لتر، بينما جاءت بالمرتبة الثالثة عشر منطقة الحدود الشمالية، حيث بلغ المتوسط ٩.١ مجم/لتر. وخلصت الدراسة إلي تجاوز تركيز النترات عن الحدود المسموح بها في مياه الشرب في عدد من الآبار في كافة مناطق المملكة، حيث بلغت أعلى نسبة تجاوز في آبار منطقة جازان (٥٢ % من الآبار تجاوزت حدود المواصفة السعودية للنترات في مياه الشرب) وأدنى نسبة تجاوز كانت في آبار منطقة الحدود الشمالية (٤.٩% من الآبار). وبشكل عام فإن تركيز النترات يتناقص مع زيادة عمق البئر(العبد العالي و آخرون، ٢٠٠١)، وبمقارنة هذه النتائج مع الدراسة الحالية نجد أن مياه آبار مكة المكرمة حلت بالمرتبة الأولى بدون منازع بعد حادث التلوث الشنيع بمخلفات المجازر، إذ بلغ المتوسط بعد مرور أكثر من ثلاثة سنوات ١٠٦.٨٧ مجم/لتر في ٢٠٠٨م. وفي بعض الدراسات على مستوى العالم سجلت أعلى قيمة للنترات للمياه الجوفية في مدينة فاس بالمغرب العربي ٤١.٥ مجم/لتر (Koukal *et al*., 2004) و تراوحت القيم لآبار منطقة Kakamigahara في اليابان بين ١١٨.٤ و ٢.٢ مليجرام /لتر، و أن ٩٠% من العينات كانت ذات تركيز أعلى من الحد الذي يوثر على الإنسان (٣ مجم/لتر) في حين أن ٣٠% من العينات كانت أعلى من الحد المسموح به عالميا (Babiker *et al*., 2004). في حين أن ١٠٠% من عينات هذه الدراسة كانت ذات تركيز أعلى من ٣ مجم/لتر وهو الحد الذي يوثر على الإنسان، و ٨٦% من العينات كانت أعلى من الحد المسموح به عالميا. و في عام ٢٠٠٥ م قام Liu وآخرون بدراسة تركيز النترات في عينات عشوائية من الآبار المحلية في ولاية الباما في الولايات المتحدة الأمريكية على مدى ثماني سنوات من عام ١٩٩٢ إلي عام ١٩٩٩م، و من بين العينات البالغه ١٠٢١ التي توفرت أظهرت ٣٦% منها تركيز أعلى من ١٠ مجم/ لتر للنترات ، مما يعني أن التلوث بالنترات منخفض بعكس الدراسة الحالية (Liu *et al*.,2005) .

بالمقابل نجد أن قيم الفوسفات كانت ضمن الحدود المسموح بها في المرحلة الثانية للآبار داخل مدينة مكة المكرمة. وفي دراسة أجراها الحارثي و آخرون عام ٢٠٠٢م فقد كانت القيم تتراوح بين أقل من ٠.٠١ و ٥٦.٧ مجم/ لتر وبمتوسط ٤٦.٨ مجم/ لتر للآبار الواقعة جنوب

غرب مكة وهو اقل من المتوسط في هذه الدراسة لنفس المنطقة عام ٢٠٠٧م (ألحارثي و آخرون،٢٠٠٢).

بالنسبة للعناصر الشحيحة والمشعة فقد قسمت العناصر إلي ثلاث مجموعات الأولى ضمت (Al،Co، Pb، Se، U، Li، B، As، Sr، Ba، Sb، Ni) وكانت ذات تراكيز عالية في بعض الآبار تتجاوز الحدود المسموح بها، والمجموعة الثانية ضمت (Co، Cr، Mn، Mo، P، Zn، Br، V، Sn، Sb، Rb، I) وكانت نتائجها معتدلة وضمن الحدود المسموح بها في المواصفات، أما المجموعة الثالثة فكانت ذات تراكيز منخفضة جدا تقل عن ٠.٠٠٠١ مجم/لتر و ضمت (Ag، Cd، Ti، Ta، Hg، Cs، Bi، Be). مع العلم أن العناصر (Co، Li، V، Sn) لا توجد لها حدود معيارية دوليا أو محليا و تم اعتماد الحدود الأكثر تسجيلا عالميا التي أعدتها وكالة حماية البيئة الأمريكية (Apodaca , 2006). و في دراسة أجراها الحارثي و آخرون عام ٢٠٠٢م فقد كانت متوسطات Zn، Ni ، Pb ، Cr وHg أعلى من الحدود المسموح بها للآبار الواقعة جنوب غرب مكة، أما متوسطات Mn، Cd ، As و Ba فكانت ضمن الحدود الطبيعية وهو اقل من المتوسطات في هذه الدراسة لنفس المنطقة عام ٢٠٠٦م، و كانت أيضا جميع المتوسطات ضمن الحدود الطبيعية (ألحارثي و آخرون،٢٠٠٢). وفي دراسة للدخيل عام ١٩٩٧م فقد تم تقدير كل من (Ag ، Cd ، Pb ، Ba ، Cr ، Hg ، As)، للبئر (١ ك ج غ) و للبئر (٢ ك ج غ) و كانت أعلى من الحد المسموح بة، أما في هذه الدراسة للمرحلتين الأولى والثانية، فقد حصل انخفاض في تركيز جميع هذه العناصر ماعدا Pb الذي ظل متجاوزا للحد المسموح بة، وهذا الانخفاض قد يكون بسبب زيادة استخدام المياه المنزلية لزيادة التعداد السكاني والحجيج و ما يترتب علية من زيادة للمياه المتسربة للمياه الجوفية مما يودي إلي تخفيف تركيز العناصر، أما زيادة تركيز الرصاص فقد يكون بسبب قرب ورش السيارات ومحلات تصليح أجهزة تبريد مكائن السيارات (اللديترات) في منطقة الكعكية (الدخيل و آخرون، ١٩٩٧). وفي بعض الدراسات على مستوى العالم نجد أنه في دراسة أجريت عام ١٩٩٧م لتقدير مستوى العناصر الشحيحة والمشعة بالمياه الجوفية في نيجيريا كانت جميع العناصر في الحدود الطبيعية ما عدا Cd، Cr، Se (Asubiojo *et al*., 1997). أما في إقليم البنجابي في الهند وفي دراسة Kumar عام ٢٠٠٦م فتم تقدير تركيز U فوجد أعلى من الحدود الدولية في جميع العينات بقيم مقاربة لقيم الدراسة الحالية (Kumar *et al* ., 2006). و في دراسة Wrobel و آخرون في المكسيك وجد أن الارتفاع في نسبة Se يكون في مياه الآبار بمدنية Irapuato فقط وليس في باقي المدن، وان القيم تتراوح بين٠.٠١٢ و ٠.٢٢٣ وهو قريب من مدي الدراسة الحالية (Wrobel *et al* .,2001). وقد اعتبر Serghini و آخرون أن الارتفاع لأغلب العناصر

الشحيحة والمشعة بسبب الأنشطة البشرية وتلوث المياه الجوفية بمياه الصرف الصحي (Serghini *et al*., 2003). وهذا ما قد يكون السبب في هذه الدراسة خصوصا أن مدينة مكة المكرمة لا تعتبر من المدن الصناعية الكبري مثل الجبيل وينبع والرياض التي أثبتت التحاليل التي أجراها Alsaleh و Aldoush على عينات من مياه الشرب المنزلية والمياه المعبأة محلية في بعض مصانع مدينة الرياض التي تقوم بتحليه المياه الجوفية أن هناك ارتفاع في بعض العينات لكل من Cd, Hg, Ni, و Zn في المياه المعبأة مما يعني أنها مرتفعة أساسا في المياه الجوفية، واعتبر أن هذا التلوث بسبب التخلص الغير آمن لمياه الصرف الصحي و الصناعي بالإضافة لبعض حوادث التلوث بالنفط الخام أو الناتج من المدن الصناعية، وأخيرا من الاستخدام المفرط للمبيدات والأسمدة الزراعية، بل واعتبرت السبب للكثير من الأمراض الشائعة في المنطقة مثل السرطان (Alsaleh and Aldoush, 1998).

أما بالنسبة للزيوت المعدنية والمشتقات البترولية فعلى الرغم من سلبية جميع النتائج لوجود أي نوع من الزيوت أو وجود أي مشتق من المشتقات البترولية، إلا أن جميع الظروف مهيأة لحدوث تلوث في أي وقت، حيث أن جميع الاستبيانات التي جمعت أثناء تحديد وحصر المحطات ومحلات تغير الزيوت خلصت إلي أن جميع المحطات لا تحتوي على أي أجهزة استشعار للتسرب، كما أن غالبية المحطات لم يسبق أن قامت بتغير الخزانات منذ إنشاؤها مع عدم وجود عقود صيانة لها، وجميع خزانات تجميع الزيوت المستعملة لا تتماشى مع أي مواصفات محلية او عالمية، حيث يتم بناءها من الطوب والخرسانة دون استخدام أي وسائل عازلة ومانعة للتسرب أو سبق وأن اختبرت ضد التسرب بعد بناءها أو وجود أي طريقة لمراقبتها.

أيضا بالنسبة لمشكلة التلوث بالمبيدات التي تعتبر من أكبر التحديات عالميا في عملية تنقية المياه الجوفية، إلا أنها هنا في منطقة مكة المكرمة تعتبر اقل خطورة حيث أن مساحة الأراضي الزراعية محدودة نظرا للتوسع الكبير في المناطق السكنية على حسب المساحات التي كانت تستخدم للزراعة. وهذا يترجم خلو جميع عينات المياه من المبيدات ما عدا خمسة عينات كانت ايجابية لمبيد Dizinon، لأنه من المبيدات التي لا تتحلل مائيا بعكس باقي المبيدات الفسفورية التي ينتمي إليها. وكانت اثنان من العينات الايجابية لآبار تقع في كل من شمال شرق و جنوب شرق مكة المكرمة حيث توجد مزارع، والثلاثة الباقية في منطقة وادي النعمان التي بها العديد من المزارع، التي يجب تشديد الرقابة عليها. كما يجب توعية أصحاب المزارع بالأودية المحيطة بمكة وبالأخص وادي النعمان وإعلامهم بخطورة و أهمية ترشيد استخدام المبيدات، و اختيار الأنواع السريعة التحلل، و منع الأنواع الضارة بالبيئة من الإنتاج محليا أو الاستيراد الخارجي.

بالنسبة للنشاط الإشعاعي فنجد أن أخطر أنواع الإشعاعات هي أشعة جاما والتي كانت في جميع العينات ضمن الحدود الطبيعية، حيث أن جميع المناطق تحت الدراسة خالية من أي مصادر للإشعاع مثل المفاعلات النووية أو أي مختبرات أو مصانع تستخدم التقنيات النووية. وبمقارنة الدراسة الحالية نجدها تتفق مع دراسة الغاوي عام ٢٠٠٥م الذي قام بالكشف عن الأنشطة الإشعاعية في المياه الجوفية لمدينة طرابلس في الجمهورية العربية الاشتراكية الليبية العظمى، و وجدت في حدود منخفضة جدا (الغاوي، ٢٠٠٥).

وفيما يخص الدراسات البكتيريولوجيا هذه الدراسة فقد بلغت نسبة الآبار الغير صالحة بكتيريولوجيا لارتفاع العدد الأكثر احتمالا للمرحلة الأولى ٦٠%، وللمرحلة الثانية ٥٠ % أما المرحلة الثالثة ٦٤%. و في دراسة أجراها الحارثي و آخرون عام ٢٠٠٢م فقد كانت جميع الآبار الواقعة جنوب غرب مكة غير صالحة بكتيريولوجيا، وهو ما وجد في هذه الدراسة لآبار نفس المنطقة (ألحارثي و آخرون،٢٠٠٢) مما يدل على أن الحمل الميكروبي في أعلى مستوياته. وعلى مستوى الآبار فقد بلغت قيم العدد الأكثر احتمالا في دراسة لوزارة الصحة عام ١٩٩٨م للآبار (٥ ز ش غ)، (٦ ز ش ع)، (٣ ا ش غ) ٥.١، ١٦، ١٦ على التوالي، وهو مماثل للقيم في هذه الدراسة (وزارة الصحة ١٩٩٨). وفي دراسة للدخيل عام ١٩٩٧م للبئر (١ ك ج غ) و للبئر (٢ ك ج غ) فكانت غير صالحة بكتيريولوجيا، وكذلك في هذه الدراسة فقد وجدت غير صالحة بكتيريولوجيا للمراحل الثلاثة، من جهة أخرى خلصت دراسة الدخيل و آخرون، التي اجراها عام١٩٩٧م إلي أن مياه الآبار بها تلوث برازي وان هناك احتمال تلوثها بميكروبات معوية ممرضة كالكوليرا و السلمونيلا، حيث لا تكون العبرة في تحديد الأعداد الحقيقة للكائنات الموجودة في المياه ولكن في تحديد الأصناف الضارة بالصحة العامة (البسام، ٢٠٠١)، وهو ما أكدته الدراسة الحالية بعزل ميكروب الكوليرا من أربع آبار وكذلك عزل بكتيريا السلمونيلا من بئرا واحدة (الدخيل و آخرون ، ١٩٩٧).

وقد تمكن الباحث من رصد حالة إصابة إسهال بسبب الكوليرا لرجل تجاوز عمرة الستين عاما لم يسبق له السفر لأكثر من سنة وهو من سكان منطقة حدا والتي تقع شمال الآبار التي عزلت منها الكوليرا وقد تم تأكيد النتيجة من قبل مستشفى الملك خالد للحرس الوطني بجدة بتاريخ ١٤٢٩/٧/١٢م وكذلك بالطب الوقائي بالشؤون الصحية بالعاصمة المقدسة، وباشرت فرق الطب الوقائي بأخذ عينات خضار ورقية من الأسواق، وكانت جميع العينات للخضار سلبية لضمات الكوليرا، ولم تتوصل فرق الطب الوقائي من تحديد مصدر العدوى، مما يدعوا إلي التركيز دائما على مصدر المياه، حيث أن بعض الأشخاص يستخدمون مياه الآبار مباشرا للشرب و هذا ما

أكدته دراسة الحارثي و آخرون من خلال إفادات جمعت من بعض المواطنين بمكة المكرمة (ألحارثي و آخرون،٢٠٠٢).

وقد تباينت النتائج الميكروبية لمياه الآبار ببعض الأودية بمنطقة مكة المكرمة من القيم المسجلة في هذه الدراسة، ففي دراسة لغامدي عام ١٩٩٧م لوادي عكرمة فقد تروح المحتوى البكتيري من النمو الشديد ٢ مستعمرة لكل ١٠٠مل وكذلك بالنسبة لمجموعة القولون وهو اقل من مدي نتائج الدراسة الحالية (الغامدي،١٩٩٧). و في دراسة لدعسو لمياه وادي فاطمة وهدى الشام عام ١٩٨٠م فقد خلصت الدراسة إلي وجود تلوث برازي في ١٤.٦% من عينات مياه الآبار وهو أقل من نتائج الدراسة الحالية حيث لا توجد هناك الكثافة البشرية الموجودة في مدينة مكة وكذلك لا توجد محطة معالجة صرف صحي بحجم التي توجد في مكة المكرمة(دعسو،١٩٨٠). وبمقارنة المحتوى الميكروبي على مستوى مدن السعودية، نجد وفي دراسة للسليماني وآخرون عام ٢٠٠٠م أن الحمل الميكروبي لمجموعة القولون بمياه الآبار لمدينة أبها كانت أقل من الحد الأعلى المسموح بة بالمواصفات السعودية، بعكس الدراسة الحالية حيث كانت جميع مياه آبار مكة المكرمة تحتوي على مجموعة القولون بنسبة ١٠٠% للمرحلة الأولى، ٨٠% للمرحلة الثانية، ٨٨% للمرحلة الثالثة (السليماني و آخرون، ٢٠٠٠). وان ٦٥% من مجموع آبار المرحلة الأولى كانت غير صالحة ميكروبيا إما لارتفاع العدد الأكثر احتمالا أو لوجود بكتيريا الايشريشيا كولاي، او لوجود الفطريات، وبلغت النسبة للمرحلة الثانية ٧٦%، وللمرحلة الثالثة ٩٢%. وفي بعض الدراسات على مستوى العالم نجد أنه في دراسة أجريت عام ١٩٩٩م لتقدير المحتوى الميكروبي للمياه الجوفية في روما بايطاليا خلصت الدراسة إلي أن نتائج العينات كانت أقل من الحدود المسموح بها (Bonadonna *et al*., 1999).

بالمقابل فقد ذكر الباحث انه لم يسبق إدخال اختبار الكشف عن الفطريات ضمن المؤشرات التي تحدد صلاحية المياه للشرب ميكروبيا حسب المواصفات السعودية، حيث أن نسبة عينات المياه الغير صالحة لاحتوائها على الفطريات ازداد تصاعديا مع سنوات الدراسة ١٢%، ١٦%، ٦٤%.

أما فيما يخص بكتيريا الميكوباكتريم فقد ذكر الباحث أيضا أنة لم يسبق أن أجريت أي محاولة لعزل هذا النوع من المصادر المائية، وأمكن عزل الميكوباكتريم من ٤١.٦% من آبار مكة المكرمة، و يعود السبب إلي الصفات الحيوية للميكروب نفسه، فمن المعروف أن معدل نمو الميكروب منخفض جدا إذا ما قورن بالميكروبات الأخرى، لذلك تكون الفرصة متاحة للأنواع الأخرى من البكتيريا للنمو والسيطرة في علاقة عكسية، وبذلك يكون من الصعب عزلها من العينات البيئية (Collins *et al*.,1984)، ويعتمد معدل تلوث المياه بهذة البكتيريا على درجة

الحرارة والمحتوى الكيميائي للمياه (Dailloux *et al* ., 1999)، وهذه العوامل متوفرة في المياه الجوفية بمكة المكرمة حيث تزيد درجة حرارة المياه عن ٤٣مْ في منطقة مكة المكرمة و بالأخص في مدينة مكة المكرمة (باصمد، 2003)، ومن خلال نتائج الدراسة الحالية والنتائج السابقة للمياه الجوفية لمدينة مكة المكرمة يتضح ارتفاع محتواها من المواد العضوية كذلك، وكلاهما ساهم في الوصول إلى هذه النسبة من التلوث، وهو اقل من نسبة التلوث التي توصل إليها Iivanainen وآخرون البالغة ١٠٠% في مياه Brook بفنلندا. وبمقارنة متوسطات المؤشرات التي كان لها التأثير في ارتفاع النسبة في فنلندا نجد أن متوسط كل من الحديد١.٣ مجم/لتر، النحاس٢.٥ مجم/لتر، الكروم ٠.٨ مجم/لتر، الالمونيوم ٠.٢٧ مجم/لتر (Iivanainen *et al*., 1993)، في حين كان تركيزالحديد ٠.٠٣٣ مجم/لتر، النحاس ٠.١٦ مجم/لتر، الكروم٠.٠٠٤٤ مجم/لتر، الالمونيوم ٠.٠٠١٣ مجم/لتر في الدراسة الحالية.