البحوث والدراسات

تقييم استخدام المياه الجوفية في مساجد منطقة الروضة - الكويت

د. خالد مهدي البراك*
أ. د. فوزية محمد الرويح**
محمد السنافي***

ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى الاستفادة من المياه الجوفية التي تحويها المكامن الواقعة ضمن منطقة الروضة، في تشجير ساحات أربعة مساجد فيها، وهي: مسجد حمادة، ومسجد الدعيج، ومسجد ملا مرشد، ومسجد ابن القيم الجوزية. وسوف يتم لهذا الغرض إنتاج ما يعادل ٧٠ متراً مكعباً من المياه الجوفية في اليوم من جميع المساجد المذكورة للاستفادة منها في أنشطة التشجير والتخضير المزمعة.

وقد تم خلال هذه الدراسة تقييم مصادر المياه الجوفية في المكمن العلوي لمجموعة الكويت عن طريق تحديد الخصائص الهيدروليكية لهذا المكمن، إضافة إلى تحديد نوعية المياه الجوفية للاستفادة منها في ري المزروعات والاستخدامات الأخرى كالغسيل والوضوء.

كما تم جمع عينات التربة وفحصها وتحليلها لتحديد مدى صلاحيتها للأنشطة الزراعية المزمعة، فيما تم جمع العينات الصخرية بالاستعانة باختبارات الاختراق المعياري لطبقات مكمن مجموعة الكويت العلوي.

وقد دلت نتائج اختبارات الضخ التي أجريت على الآبار الإنتاجية على أن قيم الناقلية الهيدروليكية لمكمن مجموعة الكويت العلوي في منطقة

---

* دكتوراه في الهيدرولوجيا، جامعة نيوكاسل، المملكة المتحدة، عام ١٩٩٧م، باحث علمي، وأستاذ مساعد في إدارة موارد المياه، معهد الكويت للأبحاث العلمية.

** دكتوراه في جيولوجيا المياه، الكلية الجامعية، لندن، المملكة المتحدة، عام ١٩٨٠م، وأستاذ بقسم علوم الأرض والبيئة، كلية العلوم، جامعة الكويت.

*** باحث علمي هيدرولوجي، إدارة موارد المياه، معهد الكويت للأبحاث العلمية.

الروضة تراوح بين ١٠٠ و ٣٠٠ متر^{٢} / يوم، وهو ما يعد مؤشراً على إمكانية إنتاج كميات كبيرة نسبياً من المياه الجوفية من المواقع التي شملتها الدراسة، علاوة على أن مجموع الأملاح الذائبة فيها تراوح بين ٣٩٦٨ - ٧١١٢ ملجم/لتر.

وقد خلصت هذه الدراسة إلى مجموعة من التوصيات، أهمها ضرورة الاستبدال بتربة ساحات المساجد المراد تخضيرها تربة أخرى غنية بالعناصر اللازمة لنمو النباتات. كما أوصت الدراسة أيضاً بأن يتم استغلال المياه الجوفية في مكمن مجموعة الكويت العلوي في المساجد المختارة في ري النباتات التي تتحمل معدلات عالية من الملوحة شريطة أن تراوح معدلات الضخ بين ١٤٠ و ١٦٠ متراً مكعباً في اليوم في كل من مسجدي الدعيج وملا مرشد على التوالي، و ١٤٠ متراً مكعباً في اليوم في مسجد حمادة و ١٣٠ متراً مكعباً في اليوم في مسجد ابن القيم الجوزية. إضافة إلى ذلك فقد أوصت الدراسة باستخدام المياه الجوفية المنتجة في تعبئة خزانات التفريغ في حمامات تلك المساجد، حيث يتوقع أن يؤدي ذلك إلى توفير ما يعادل ٢٨٠٠ متر مكعب من المياه العذبة شهرياً في كل من المساجد المذكورة.

مقدمة:

تشكل المياه عصب الحياة في مختلف بلدان العالم خاصة تلك التي تتسم بندرة موارد المياه الطبيعية، وقسوة الظروف المناخية كدولة الكويت. ومما لا شك فيه أن تزايد الطلب على المياه جاء نتيجة طبيعية لزيادة الأنشطة التنموية من جهة، والزيادة المطردة في عدد السكان من جهة أخرى.

وقد ازداد استهلاك المياه في دولة الكويت بشكل ملحوظ خلال العقود الثلاثة الأخيرة نتيجة لارتفاع المستوى المعيشي للمجتمع، والتوسع العمراني، والتنوع في الاستهلاك الذي شهده قطاعا الزراعة والصناعة في البلاد. لذا، فقد أصبح من الضروري مواكبة الزيادة في استهلاك المياه عن طريق زيادة إنتاج المياه القابلة للاستغلال سواء العذبة منها أو قليلة الملوحة.

وعليه، فقد بات لزاماً على المستهلكين العمل على الحد من الإسراف في استهلاك المياه، كما أصبح البحث عن بدائل عملية لتزويد المستهلكين بالمياه القابلة للاستغلال أمراً لا مناص منه. ولعل في الاستفادة من مياه الصرف

الصحي المعالجة ثلاثياً، في أنشطة الري والتخضير أبلغ دليل على إمكانية إيجاد البدائل العملية كحل لندرة الموارد المائية الطبيعية. ومتى ما تم اتباع الخطط المستندة إلى البحث العلمي فإن هذا سوف يؤدي بالنتيجة إلى التقليل من الطلب على المياه العذبة المتوافرة حالياً من مياه البحر المحلاة، التي تغطي ما يزيد على ٩٠٪ من المياه العذبة في الكويت.

كما قامت الدولة بتوفير مورد آخر للمياه يتمثل في المياه الجوفية قليلة الملوحة التي تستخدم في أغراض متعددة كالاستخدامات الزراعية، والأنشطة المدنية، والخلط مع المياه العذبة بنسبة ١٠٪-١٢٪. إن الإدراك التام للمشكلات التي قد تنشأ من شح موارد المياه، واستيعاب التحديات التي قد تواجه المجتمع مستقبلاً في سبيل دفع عجلة التنمية والتطور هما الأساس الذي تبنى عليه الحلول التنموية المتعلقة بهذا المورد الحيوي وسبل المحافظة عليه.

وتكمن أولى خطوات التعامل الصحيح مع الموارد المائية في البلاد في تحديد تلك الموارد من جهة، وتقييم كمية ونوعية المياه التي تزودنا بها، ومدى الاستفادة منها وتوجيهها لخدمة المجتمع.

مصادر المياه في دولة الكويت:

تستمد دولة الكويت حاجتها من المياه من ثلاثة مصادر هي: مياه البحر المحلاة، ومياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً، والمياه الجوفية. ويعد المصدران الأول والثاني من المصادر المائية التي تخضع لتدخل الإنسان، فيما يعد المصدر الثالث مصدراً طبيعياً للمياه. وتعتبر مياه البحر المحلاة المصدر الرئيسي لمياه الشرب في الكويت. كما تستخدم المياه الجوفية ومياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً في الأنشطة الزراعية والصناعية.

الموارد غير الطبيعية للمياه:

يقصد بالموارد المائية غير الطبيعية تلك الموارد التي تخضع لتدخل الإنسان في توفيرها، حيث تتم معالجة مياه غير صالحة للاستخدام إلى مياه يمكن الاستفادة منها في شتى المجالات. وقد بدأت الدولة بالتركيز على هذه الموارد بغرض تأمين الاحتياجات المائية لمختلف القطاعات، ولمواجهة الزيادة المتوقعة

في الطلب على المياه مستقبلاً في ضوء التوسع والتطور اللذين تشهدهما البلاد. وتشمل هذه الموارد مياه البحر المحلاة، ومياه الصرف الصحي.

الموارد الطبيعية للمياه:

تشتمل الموارد الطبيعية للمياه في دولة الكويت على مياه الأمطار، والمياه الجوفية.

أولاً – مياه الأمطار:

يبدأ موسم سقوط الأمطار في الكويت في شهر نوفمبر من كل عام، ويزداد معدل سقوطها خلال الأشهر اللاحقة، حيث يسقط ٢٦٪ من الأمطار في شهر يناير ويندر سقوطها في شهر مايو. وفي الغالب تتساقط الأمطار على هيئة زخات متفرقة، وتنتهي بعواصف رعدية تتسم بقصر مدتها خلال شهري مارس وإبريل فيما يعرف بالسرايات. كما تتفاوت كميات الأمطار المتساقطة – بوصفها مصدراً ثابتاً للمياه التي يمكن الاستفادة منها في سد الاحتياجات الزراعية والتجميلية في البلاد، على الرغم من أهميتها في النمو الطبيعي للنباتات الصحراوية. وقد وجد أن متوسط سقوط الأمطار السنوي نحو ١١٥ ملم/ السنة بما لا يكفي لتغذية المكامن المائية (٤).

ثانياً – المياه الجوفية:

تعد المياه الجوفية المورد الطبيعي الحقيقي للمياه القابلة للاستغلال في الكويت. وتوجد هذه المياه في مكمنين رئيسيين هما: مكمن مجموعة الكويت المكون من طبقات من الرمل والحصى، ومكمن تكوين الدمام المكون من صخور جيرية ودولوميتية. والمياه الجوفية في الكويت إما قليلة الملوحة حيث يراوح مجموع الأملاح الذائبة فيها بين ٢,٥٠٠ و١٠,٠٠٠ ملجم/ لتر، أومالحة تراوح كمية الأملاح الذائبة فيها بين ١٠,٠٠٠ و٢٠٠,٠٠٠ ملجم/ لتر. كما توجد كميات من المياه الجوفية العذبة التي يقل مجموع الأملاح الذائبة فيها عن ١٠٠٠ ملجم/ لتر في حقلي الروضتين وأم العيش في شمال الكويت في تكوين الدبدبة، حيث تتم الاستفادة منها مباشرة بوصفها مياهاً للشرب بعد تعبئتها من منطقة الروضتين.

وتستخدم المياه قليلة الملوحة في الأنشطة الزراعية، كما يتم خلطها مع مياه

البحر المحلاة لجعلها قابلة للشرب. ويتم إنتاج المياه الجوفية في الكويت من حقول المياه التالية: حقل الشقايا، وحقل الصليبية، وحقل أم قدير، وحقل الوفرة (جدول رقم١)، إضافة إلى حقل العبدلية، ومنطقتي الوفرة والعبدلي الزراعيتين.

جدول رقم ١
حقول المياه الجوفية قليلة الملوحة في دولة الكويت(٢)

الحقل		عدد الآبار	الطاقة الإنتاجية للحقل م٣/اليوم	مجموع الأملاح الذائبة (ملجم/لتر)
١- حقول منتجة	حقول الشقايا			
	(أ)	١٣	٣,٢ × ١٠$^{-٢}$	٣٢٥٠
	(ب)	١٦	٣,٦ × ١٠$^{-٢}$	٣٠٠٠
	(ج)	٣٢	٨,٢ × ١٠$^{-٢}$	٢٨٠٠
	(د)	٢٤	٥,٤ × ١٠$^{-٢}$	٢٨٠٠
	(هـ)	٣٠	٦,٨ × ١٠$^{-٢}$	٤٢٠٠
	حقل الصليبية	١٠٥	٦,٨ × ١٠$^{-٢}$	٤٠٠٠ – ٥٠٠٠
	حقل أم قدير	٦٧	١,٨ × ١٠$^{-١}$	٣٧٠٠ – ٤١٠٠
	حقل الوفرة	٢	٣,٦٣ × ١٠$^{-٢}$	٤٥٠٠ – ٥٥٠٠
٢- حقول قيد التنفيذ	حقل الأطراف	٨٥	١,٣٦ × ١٠$^{-١}$	٤٠٠٠ – ٤٥٠٠
	حقل (ف) شمال غرب أم قدير	١٩	٤,٥ × ١٠$^{-٢}$	٣٥٠٠ – ٤٠٠٠
	حقل كبد شمال شرق أم قدير	١٩	٤,٥ × ١٠$^{-٢}$	٣٥٠٠ – ٤٠٠٠
	حقل كبد شمال غرب أم قدير	٣٢	٦,٨ × ١٠$^{-٢}$	٤٠٠٠ – ٤٥٠٠
٣- حقول مستقبلية	حقل شمال غرب الشقايا	٨٥	١,١٣ × ١٠$^{-١}$	٤٥٠٠ – ٥٥٠٠
	حقل الوفرة (المرحلة الثانية)	٣	٣,٢ × ١٠$^{-٢}$	٥٠٠٠ – ٦٠٠٠

جيولوجية دولة الكويت:

تقع دولة الكويت في الركن الشمالي الغربي للخليج العربي بين خطي طول ٣٠َ ٢٨° و ٨٠َ ٣٠° شمالاً. ويوضح هذا الموقع أن التاريخ الجيولوجي لدولة الكويت، بما فيها منطقة الدراسة، يرتبط بالتاريخ الجيولوجي لشبه الجزيرة العربية الذي تأثر بالدرع العربي القديم. وقد كان لعوامل التذرية والتعرية التي واكبت تكوين طبقة الدمام العائدة لعصر الأيوسين خلال الحقبة السابقة لعهد ما قبل النيوجين، إضافة إلى ترسب طبقة مجموعة الكويت والرواسب الحديثة التي تلتها الأثر الأكبر في تشكيل جيولوجية وجيومورفولوجية دولة الكويت. وتقع مجموعة الكويت فوق تكوين الدمام حيث يفصل بينهما سطح عدم توافق. ويحظى هذان التكوينان بأهمية كبرى في جميع الدراسات ذات الصلة بالمياه الجوفية؛ نظراً لوجودهما بأعماق مختلفة تحت جميع المناطق في دولة الكويت من جهة، ولكونهما يحويان المكامن التي تنتج منها معظم المياه الجوفية (مكمن مجموعة الكويت ومكمن تكوين الدمام) للأغراض المتعددة من جهة أخرى. وتجدر الإشارة هنا إلى أن تكوين مجموعة الكويت يحظى بأهمية إضافية في هذه الدراسة؛ نظراً لأن المياه الجوفية المنتجة التي يزمع الاستفادة منها في تشجير المساجد الأربعة الواقعة ضمن منطقة الدراسة سوف تستخرج منه.

مكمن مجموعة الكويت:

يتكون مكمن مجموعة الكويت من الجزء المشبع من الترسيبات الفتاتية غير القابلة للانضغاط والشبه منضغطة، التي ترجع إلى الحقب قبل الأيوسيني(٨). ويتصل هذا المكمن هيدروليكياً بمكمن تكوين الدمام الواقع أسفل منه، حيث يشكل التكوين الجيولوجي المذكور نظاماً هيدرولوجياً واحداً يساعد على تدفق المياه الجوفية في المنطقة. ويشكل السطح الحر للمياه الجوفية الحد الأعلى لهذا المكمن، فيما تشكل الطبقة العليا شبه المنفذة لمكمن تكوين الدمام الحد الأسفل له(١١).

ويتكون مكمن مجموعة الكويت بصفة أساسية من الرمال غير المنضغطة

ذات المسامات الكثيرة، التي اختلطت بدورها بكميات غير متجانسة من الحصى وحبيبات الطين(٣). ويتخلل هذا التكوين كميات متفاوتة من المواد اللاحمة؛ الأمر الذي أنتج طبقات متلاحمة جزئياً أوكلياً، وطبقات جيرية، إضافة إلى طبقات من الجبس أوالدولوميت في بعض الأحيان. وتختلف نفاذية هذا المكمن باختلاف التوزيع الحبيبي للتربة ودرجة تلاحم الحبيبات؛ حيث تكون النفاذية مرتفعة نسبياً في التربة ذات التوزيع الجيد لحبيبات الرمل والحصى، وتقل بدرجة ملموسة مع زيادة نسبة الطمي أومع زيادة تلاحم الحبيبات. ومن ثم فإنه يمكن تقسيم هذا المكمن إلى عدة تكوينات تتباين فيما بينها في معامل النفاذية وفقاً للتابع الطبقي لمكمن مجموعة الكويت وهذه التكوينات هي: تكوين الدبدبة، تكوين فارس السفلي، وتكوين غار.

وبصفة عامة فإن السمك المشبع من المكمن يختلف من منطقة إلى منطقة أخرى في دولة الكويت؛ حيث يزداد تدريجياً في اتجاه الشمال الشرقي طبقاً لتركيب مكمن تكوين الدمام. أما في الجزأين الجنوبي الغربي والأوسط من دولة الكويت فإن متوسط سمك المكمن المشبع قد يبلغ نحو١٥٠ متراً، في حين قد يزيد متوسط سمك المكمن المشبع على ٣٠٠ متر في الجزء الشمالي الشرقي من البلاد، إلا أن المياه الجوفية تصبح شديدة الملوحة هناك(٤) ما عدا بعض المياه الجوفية العذبة التي توجد في تكوين الدبدبة في حقلي الروضتين وأم العيش في شمال دولة الكويت.

ومن ثم، فإنه من الممكن اعتبار مكمن مجموعة الكويت مكمناً جوفياً محصوراً متعدد الطبقات تتخلله طبقة حرة غير محصورة في الجزء الأعلى منه(١).

ويلاحظ أن قيم معدل النفاذية تكون مرتفعة نسبياً في المناطق العليا المشبعة بالمياه من المكمن، وخصوصاً في المناطق الشمالية؛ حيث تكون الصخور غير المنضغطة لتكوين الدبدبة مشبعة بالمياه. ويوضح الجدول رقم(٢) قيم الخصائص الهيدروليكية التي تم التوصل إليها من خلال دراسات سابقة أجريت في مدينة الكويت(١٤). وتجدر الإشارة إلى أن تلك القيم تمثل

المواقع التي أجريت فيها الدراسة فحسب. كما يلاحظ أن قيمة معامل النفاذية في الاتجاه الرأسي تقل مائة مرة عن نظيرها في الاتجاه الأفقي، كما هومبين في جدول رقم (٢).

جدول رقم ٢
قيم الخصائص الهيدروليكية لمكمن مجموعة الكويت في مدينة الكويت(١٤)

التكوين الرئيسي	التكوين الفرعي	نوع المكمن	الخصائص الهيدروليكية
مكمن الكويت العلوي مجموعة (أ)	(١ أ)	حر	الناقلية الهيدروليكية (T) = ١,٢٢ × ١٠$^{-٣}$ م^{٢}/ ثانية معامل النفاذية الأفقية = ٨,٢ × ١٠$^{-٥}$ م/ثانية معامل النفاذية الرأسية = ٨,٢ × ١٠$^{-٧}$ م/ثانية
	(٢ أ)	طينية شبه منفذة	معامل النفاذية الرأسية/ سمك الطبقة = ١,٦٥ × ١٠$^{-٨}$ م/ثانية
	(٣ أ)	شبه محصور	الناقلية الهيدروليكية (T) = ١,٩٦ × ١٠$^{-٣}$ م٢/ثانية معامل التخزين =٦,٠ × ١٠$^{-٤}$
الطبقة الطينية الوسطى (ب)		الطبقة الطينية الرئيسية	معامل النفاذية الرأسية/ سمك الطبقة = ٥,٧ × ١٠$^{-١٠}$ م/ ثانية
مكمن الكويت السفلي مجموعة (جـ)		شبه محصور	الناقلية الهيدروليكية (T) = ١,١٥ × ١٠$^{-٣}$ م٢/ثانية معامل التخزين = ١,٠ × ١٠$^{-٤}$

أهداف الدراسة وطرق تحقيقها:

تعد مدينة الكويت إحدى المناطق الرئيسية التي يمكن إنتاج المياه الجوفية الصالحة للأغراض الزراعية منها؛ فقد دلت الدراسات المختلفة التي أجريت في هذا الصدد على أن مجموع الأملاح الذائبة في المياه الجوفية تراوح، بشكل عام، بين ١٠٠٠ و١٠,٠٠٠ ملجم/ لتر، وبحد أقصى ١٣,٠٠٠ ملجم/لتر في العديد من المناطق، (٥) و(٧). علاوة على ذلك، فإن ما يميز تلك المياه الجوفية هو

توافرها بكميات كبيرة؛ بحيث يمكن الاعتماد عليها في الأنشطة الزراعية والتجميلية على مدى فترات طويلة من الزمن. لذا فإن من الأهمية بمكان محاولة تقييم إمكانية الاستفادة من المياه الجوفية الموجودة في المكامن الواقعة أسفل هذه المناطق، في ري المزروعات.

تهدف هذه الدراسة لمعرفة إمكانية استغلال المياه الجوفية في منطقة الروضة في تشجير مواقع معينة في منطقة الروضة وتخضيرها، شكل رقم (١). ويهدف المشروع إلى تحقيق عدة أهداف يمكن إيجازها فيما يلي:

١ – الاستفادة من المياه الجوفية في منطقة الروضة في الأنشطة الزراعية والتجميلية.

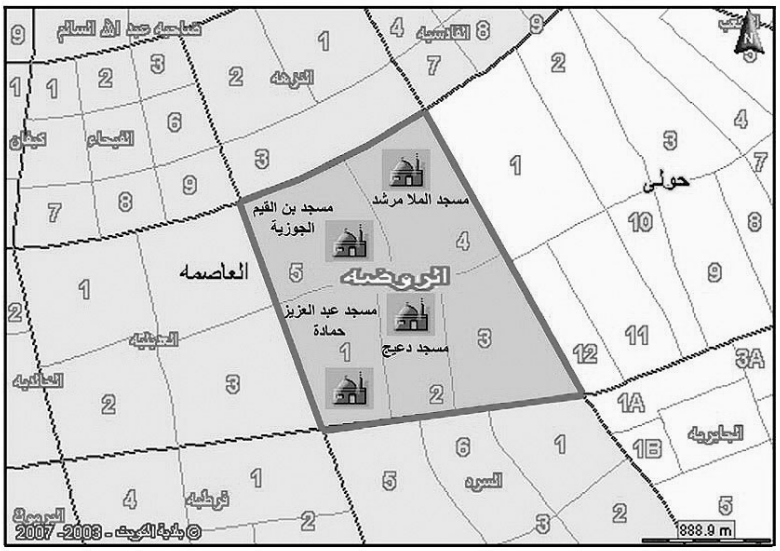
٢ – تقييم إمكانية استغلال المياه الجوفية في حمامات المساجد للحد من استهلاك المياه العذبة.

وعليه، فقد تم اختيار أربعة مساجد بوصفها مواقع مقترحة لتنفيذ هذا المشروع هي: مسجد حمادة الكائن في قطعة ١، ومسجد الدعيج الكائن في قطعة ٢، ومسجد ملا مرشد الكائن في قطعة ٤، ومسجد ابن القيم الجوزية الكائن في قطعة ٥. وذلك لإضفاء الجانب الجمالي على المنطقة، والإسهام في الحد من استهلاك المياه العذبة في حمامات المساجد، وهو الأمر الذي يشكل ضغوطاً كبيرة على الدولة في ظل شح الموارد المائية التي تمت الإشارة إليها سابقاً. كما يمكن الاستعانة بالنتائج التي سوف يحققها هذا المشروع في التوسع في التطبيق الفعلي له في مناطق أخرى من الكويت.

ولتحقيق أهداف المشروع فقد تم عمل التالي:

١ – تحديد الخصائص الهيدروليكية لمكمن مجموعة الكويت العلوي في أربعة مواقع مختلفة في منطقة الروضة، ومن ثم تحديد كميات المياه التي يمكن ضخها في هذه المواقع، والكميات التي يمكن الاستفادة منها في ري ساحات المساجد المختارة بغرض تخضيرها.

٢ – تحديد نوعية مكمن الكويت العلوي في المواقع المذكورة، التي يتم على أساسها تقييم مدى إمكانية الاستفادة من تلك المياه في أنشطة التخضير، وري المزروعات والأشجار.



شكل رقم ١ – توزع المساجد في منطقة الروضة

٣ – تصميم أربع آبار وإنشاؤها في المساجد الأربعة التي تم اختيارها، بحيث يتم إنتاج المياه الجوفية منها ضمن مكمن مجموعة الكويت العلوي في منطقة الروضة.

٤ – دراسة وتقييم إمكانية الاستفادة من المياه الجوفية المنتجة في حمامات المساجد الأربعة بوصفها بديلاً للمياه العذبة المستخدمة في الوقت الحاضر.

وقد تم تنفيذ هذه الدراسة عبر ثلاثة أنشطة رئيسية هي: الأنشطة الميدانية، والتحاليل المخبرية، وتقييم النتائج، وتحليلها. فقد تم خلال الأنشطة الميدانية حفر آبار الإنتاج الرئيسية والحفر الثانوية، ومن ثم أجريت اختبارات الضخ والاسترجاع في المواقع المعينة، كما تم جمع عينات التربة والمياه تمهيداً لدراستها مخبرياً بشكل مفصل. إضافة إلى ذلك، فقد أجريت خلال التحاليل المخبرية جميع التحاليل الفيزيائية والكيميائية على عينات التربة التي تم جمعها من المواقع المختلفة، فيما اقتصرت التحاليل المخبرية لعينات المياه على

التحاليل الكيميائية. ثم تلا ذلك تحليل وتقييم للنتائج التي تم الحصول عليها من الأنشطة الميدانية، والتحاليل المخبرية بهدف تحديد خصائص التربة الرئيسية في منطقة الدراسة، وكميات المياه الجوفية ونوعيتها، التي يمكن إنتاجها من آبار الإنتاج التي تم حفرها في المنطقة.

وفيما يتعلق بنتائج اختبارات الضخ والاسترجاع التي أجريت في كل موقع على حدة، فقد تم تحديد الخصائص الهيدروليكية لمكمن مجموعة الكويت، التي استخدمت بدورها في تحديد القدرة الإنتاجية لكل بئر على حدة، والمدة المتوقعة لتشغيل البئر يومياً لإنتاج المياه الجوفية المطلوبة. كما تم تحديد نوعية المياه الجوفية المنتجة بهدف تقييم إمكانية الاستفادة منها في الأنشطة الزراعية والتجميلية المزمع القيام بها، وكذلك تقييم إمكانية الاستفادة منها في حمامات المساجد المختارة بديلاً عن المياه العذبة.

جمع عينات التربة وتحليلها:

لقد تم تحديد خصائص التربة في المساجد الأربعة التي شملتها الدراسة في منطقة الروضة عن طريق جمع مختلف المعلومات المتعلقة بالتربة، التي قد تؤثر على جهود التخضير المزمع القيام بها. وقد اشتملت الاختبارات الميدانية على حفر مجموعة من الحفر تراوح أعماقها بين ١,٥ و٢ متر في عدة مواقع ضمن منطقة الدراسة باستخدام آلة الحفر لتحديد النطاقات المختلفة للتربة، ولجمع عينات التربة لتحليلها في المختبر ومن ثم تعرف خصائصها الرئيسية.

وقد تم جمع المعلومات التي أسهمت في تقييم المواقع المختلفة من خلال المسح الميداني لها، وإجراء قياسات الخصائص الفيزيائية المختلفة ميدانياً وفي المختبر. كما تم تحديد الخصائص الكيميائية للتربة في المختبر وفقاً لمعايير منظمة الزراعة الأمريكية لعامي ١٩٩٥ و١٩٩٦ (١٦) و(١٧)، وكذلك وفقاً للإجراءات الموصى بها من قبل الخبراء والمتخصصين في هذا المجال(١٣).

التحاليل المخبرية لعينات التربة:

قسمت التحاليل المخبرية خلال هذه الدراسة إلى ثلاث مراحل بدءاً من

جمع العينات ومعالجتها، ووصولاً إلى التحاليل المخبرية الفعلية لها. ويمكن تلخيص هذه المراحل الثلاث على النحو التالي:

أولاً – جمع العينات ومعالجتها:

وتشتمل هذه المرحلة على الآتي:

١ – حفر نطاق التربة وثقبه.

٢ – جمع عينات التربة.

٣ – معالجة العينات وتجفيفها بالهواء.

٤ – غربلة العينات وذلك باستخدام مناخل ذات فتحات لا يتجاوز قطرها ٢ ملليمتر، بحيث يتم فصل حبيبات التربة الدقيقة التي لا يتجاوز قطرها ٢ ملليمتر عن الحبيبات الخشنة التي يزيد قطرها على ٢ ملليمتراً.

٥ – حفظ عينات التربة في عبوات بلاستيكية وتزويدها بأرقام مميزة لتحليلها لاحقاً.

وفيما يرتبط بالتحاليل المخبرية لهذه الدراسة، فقد تم جمع نحو ١,٥ كجم من التربة مباشرة من سطح الأرض، وكذلك من الأعماق المختلفة التي تم حفرها، وتم حفظها في أكياس مصنوعة من مادة البوليثيلين، ومن ثم تحليلها.

ثانياً – التحاليل الفيزيائية لعينات التربة:

تهدف التحاليل الفيزيائية التي تم إجراؤها على عينات التربة إلى تحديد كمية الحبيبات الدقيقة وكمية الحبيبات الخشنة في التربة. وعادة ما يعبر عن تلك الكميات بنسبة مئوية بالقياس للكمية الكلية من التربة. ويتم التركيز في هذه التحاليل على مكونات التربة التي لا يتجاوز قطر حبيباتها ٢ ملليمتر. وقد تمت الاستعانة في هذه التحاليل بالمعايير والإجراءات الموصى بها من قبل منظمة الزراعة الأمريكية لعامي ١٩٩٥ و١٩٩٦ (١٦) و(١٧).

كما تمت الاستعانة بخريطة الألوان المنسوبة إلى (١٢) لعام ١٩٩٨ في تحديد لون التربة في منطقة الدراسة. وتتميز هذه الخريطة بأنها مصممة بطريقة تتيح تحديد أي لون من الألوان الموجودة في الطبيعة بأبعاده الثلاثة، وذلك

بالاستعانة ببعض العناصر التي تعكس الطول الموجي للألوان الأساسية، ودرجة التفتح، ودرجة الانعكاس، ودرجة نقاء الألوان أو تشبعها.

ثالثاً – التحاليل الكيميائية لعينات التربة:

لإجراء التحاليل الكيميائية المطلوبة تم تحضير نحو ٢٥٠ جراماً من معجون مستخلص من عينات التربة المختارة التي تم تجفيفها بالهواء عن طريق إضافة الماء المقطر إليها؛ بحيث تستوفي الشروط التالية: تلألؤ سطحها الخارجي، عدم وجود ماء زائد على سطح المعجون، وانزلاق المعجون بسلاسة على سكين بسط المعجون.

ثم يتم قياس الأس الهيدروجيني للمعجون المشبع بالتربة باستخدام مقياس الأس الهيدروجيني. وبعد هذا القياس، يتم نقل المعجون إلى قمع خاص مغطى بورقة ترشيح، يتم توصيله بمضخة تفريغ الهواء، ومن ثم يتم جمع المياه المترشحة من التربة إلى أن يتوقف نزولها.

قياسات قيم التوصيل الكهربائي للمياه المترشحة:

تم قياس قيم التوصيل الكهربائي بعد معايرة درجة الحرارة للمياه المترشحة من عينة التربة.

الأيونات موجبة الشحنة الذائبة في المياه:

تم تحليل عناصر الصوديوم، والبوتاسيوم، والكالسيوم، والمغنيسيوم في المياه المترشحة من التربة المشبعة باستخدام مطياف الامتصاص الذري في مختبر التحاليل المركزي بمعهد الكويت للأبحاث العلمية.

الأيونات سالبة الشحنة الذائبة في المياه:

تمت الاستعانة بعدة قطرات من مادة الألفينولفثالين بوضعها مؤشراً على وجود الكربونات الذائبة في المياه. ولم يتم اكتشاف كميات يعتد بها من الكربونات في أي من العينات التي تم تحليلها. كما تمت الاستعانة بكمية من المياه المترشحة من التربة في تقدير البيكربونات، وتم قياس الكلوريد باستخدام محلل الكلوريد.

قلوية التربة:

يستخدم معامل ادمصاص الصوديوم في التعبير عن قلوية التربة التي تم جمعها من سطح الأرض فقط من منطقة الدراسة. ويتم حساب معامل ادمصاص الصوديوم الذي يعبر عنه عادة بالملليمكافئ/لتر بالاستعانة بقيم الأيونات موجبة الشحنة للمياه المترشحة من التربة المشبعة باستخدام المعادلة التالية(١٥):

$$SAR = Na / (Ca + Mg / 2)^{0.5}$$

كربونات الكالسيوم:

تحوي تربة الكويت كربونات كالسيوم قلوية بشكل طبيعي، حيث توجد هذه الكربونات في صورة مواد لاحمة تتخلل المسامات أونسيج التربة. وعادة ما تتم الاستعانة بتقنيتي المعايرة بالتحليل الحجمي الاسترجاعي، وجهاز قياس الكالسيوم لتحديد نسب كربونات الكالسيوم في المياه المترشحة من التربة. ويتم في هذه التقنية إجراء تفاعل بين المواد الكربونية وحمض الهيدروكلوريك، ثم يتم قياس كميات غاز ثاني أكسيد الكربون الناتجة.

نتائج الدراسة:

يتطرق هذا الجزء إلى النتائج التي تم التوصل إليها من خلال الأنشطة الميدانية التي أجريت في المواقع المختارة ضمن منطقة الدراسة، التي تشتمل على اختبارات الضخ والاسترجاع في الآبار الإنتاجية، إضافة إلى الاختبارات الميدانية للتربة والمياه الجوفية، علاوة على نتائج التحاليل المخبرية التفصيلية التي أجريت على عينات التربة، والتحاليل الكيميائية للمياه الجوفية التي جمعت من المواقع المذكورة.

وقد تم عرض هذه النتائج بحسب تسلسلها خلال هذه الدراسة. فاستهلت الدراسة بجمع وتحليل لعينات التربة من المساجد الأربعة، تلاهما تصميم الآبار وحفرها؛ حيث جمعت خلال هاتين العمليتين عينات من قطاع التربة على عمق ٢٠ متراً من كل موقع، ثم فحصت تلك العينات، وتم استناداً إليها تحديد الطبقات المراد اختراقها في أثناء عملية الحفر. وتلا ذلك إجراء اختبار الضخ، الذي تخلله

جمع وتحليل لعينات من المياه الجوفية. وأخيراً، حللت نتائج اختبار الضخ لكل من الآبار الإنتاجية على حدة بهدف التوصل إلى الخصائص الهيدروليكية لمكمن مجموعة الكويت العلوي في المساجد المختارة.

تحليل وتقييم لنتائج تحليل التربة:

يتناول هذا الجزء عرضاً وتحليلاً لنتائج الأنشطة الميدانية التي أجريت في المساجد الأربعة الواقعة ضمن منطقة الدراسة، كما تقوّم نتائج التحاليل المخبرية التي أجريت على عينات مختارة من التربة التي تم جمعها من المساجد الأربعة.

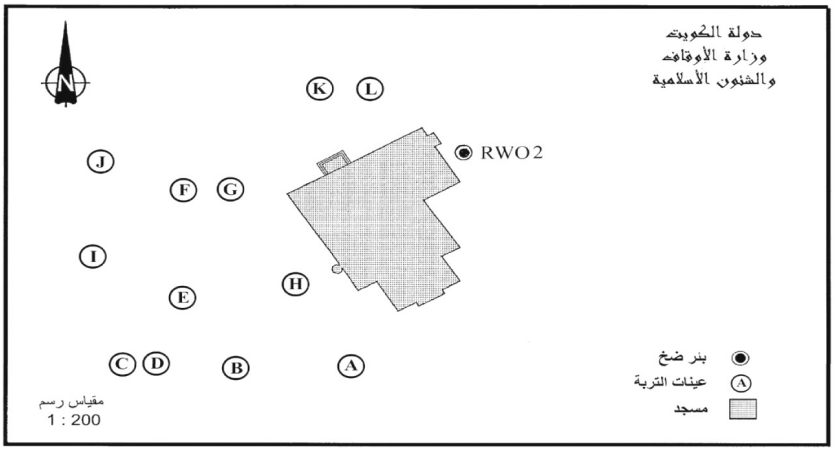
الموقع RW01 (مسجد حمادة):

يوضح (شكل رقم ٢) أماكن الحفر في الموقع المذكور، وشكل رقم (٣) يمثل التصميم النهائي للبئر الإنتاجية في مسجد حمادة. وقد تم حفر ثلاثة مواقع A, B, C وجمع ٩ عينات من التربة فيها، ويوضح الجدول رقم (٣) الخصائص الفيزيائية والكيميائية الرئيسية لعينات التربة.

جدول رقم ٣

الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينات التربة في الموقع RW01

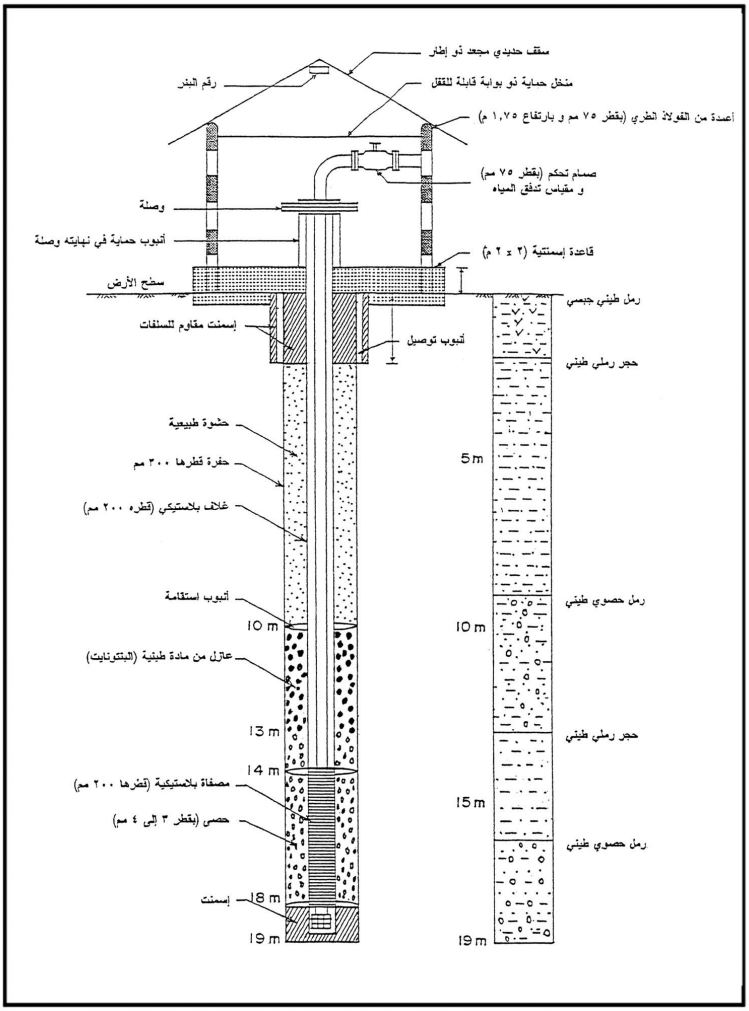
رقم الموقع	عمق العينة سم	الأس الهيدروجيني	قيمة التوصيل الكهربائي ميكروسيمنز/سم	معامل ادمصاص الصوديوم ملليمكافئ/لتر	كربونات الكالسيوم مكافئ/لتر٪	نسبة حبيبات الرمل الخشنة ٪
A	٠–٤٠	٨,٢٧	٢,٨١	١,٤٠	٨,٦٠	٨,١٠
	٤٠–٨٠	٨,٤٠	٣,٥٧		٩,٣٠	١٢,١
	٨٠–١٠٠	٨,٢٩	٢,٧٥		٤,٢٠	٨,٣٠
B	٠–٣٠	٧,٨٧	١,٧٠	٠,٤٠	٨,٨٠	٧,٠٠
	٣٠–٦٠	٨,٦٠	١,٧٩		٥,٧٠	٧,٠٠
	٦٠–١٠٠	٨,٤٦	١,٨٣		٥,٧٠	١٤,٤٠
C	٠–٤٠	٨,١٦	٤,٧٠	٥,٢٠	٨,٥٠	٩,٧٠
	٤٠–٦٠	٨,٠٦	٣,٥١		٧,٩٠	٧,٧٠
	٦٠–٧٠	٨,٤٨	٣,٧٥		٧,٥٠	٧,٤٠



شكل رقم ٢ – رسم تخطيطي لمسجد ملا حمادة مبيناً فيه البئر الإنتاجية (RW01)

وقد وجد أن قيم كربونات الكالسيوم تراوح بين ٤,٢٪–٩,٣٪ من جميع العينات التي تم جمعها، فيما راوحت قيم الأس الهيدروجيني بين ٧,٨٧–٨,٦ مما يعد مؤشراً على اعتدال قلوية التربة وفقاً لمعايير منظمة الزراعة الأمريكية ١٩٩٦م. وتجدر الإشارة إلى أن القيم المثلى للأس الهيدروجيني التي تتوافر عندها معظم العناصر الضرورية لنمو النباتات تراوح بين ٦,٧-٧,٣، علماً بأن قيم الأس الهيدروجيني للعينات التي جمعت من جميع المواقع التي تم حفرها تتجاوز تلك القيم؛ مما قد ينتج عنه نقص العناصر اللازمة لنمو النباتات. كما أن وجود كربونات الكالسيوم في التربة يساعد على زيادة قيم الأس الهيدروجيني فيها من جهة، ومن جهة أخرى فإنها تعمل على التقليل من العناصر الضرورية لنمو النباتات كعنصري الفوسفور، والموليبدينوم نتيجة لاتحاد الكالسيوم مع الكربونات. علاوة على ما تقدم، فإن التربة التي تحوي كميات كبيرة من كربونات الكالسيوم تتسم بنقص كبير في معادن الحديد، والبورون، والزنك، والمنجنيز. كما يعد الكالسيوم عاملاً مساعداً في ترسيب أكسيد الفوسفور في التربة؛ مما يقلل من وجود عنصر الفوسفور الضروري لنمو النباتات. كما أن كربونات الكالسيوم تعد أحد المكونات التي تزيد من قدرة التربة على مقاومة أي تغيير في قيم الأس الهيدروجيني. إضافة إلى ذلك، فإن كربونات الكالسيوم في التربة تعمل على تطاير

عنصر الأمونيوم من الأسمدة الحاوية على عنصر النيتروجين. وقد لوحظ وجود كميات من الجبس في جميع المواقع التي تم حفرها بنسب تراوح بين ٥٪–١٠٪ على أعماق تراوح بين ٨٠ و١٠٠ سم تحت سطح الأرض؛ الأمر الذي قد يتسبب في هبوط سطح الأرض في الموقع نتيجة لري المزروعات بالمياه.



شكل رقم ٣ – التصميم النهائي للبئر الإنتاجية في مسجد حمادة (RW-01)

وأما فيما يختص بلون التربة الزراعية الصالحة لنمو النباتات، فإنها تراوح بين درجات اللون البني، والبني الغامق؛ نظراً لوجود المواد العضوية في التربة من جهة، ولوجود عنصر الحديد في المعادن التي تحتوي على عنصري الألمنيوم، والسيليكات من جهة أخرى.

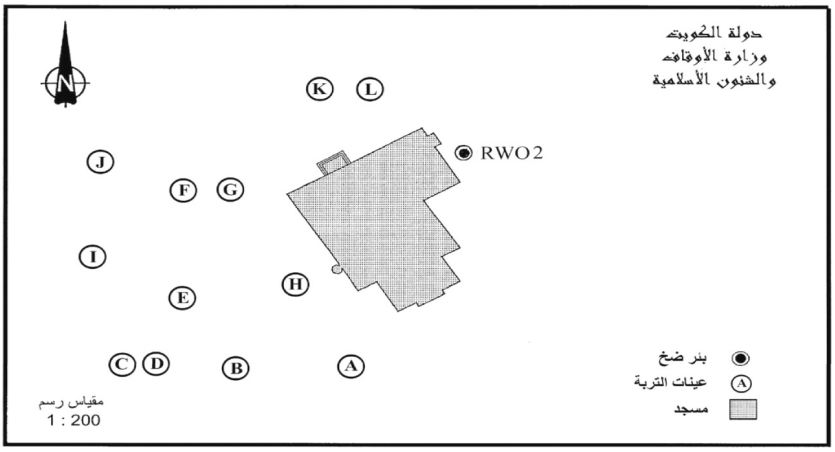
وقد لوحظ خلال هذه الدراسة أن لون التربة في المساجد الأربعة يميل إلى البني الفاتح، مما يعكس نقصاً واضحاً في عنصري الألمنيوم والسيليكات. كما أن لون التربة في العينات التي تم جمعها وتحليلها يعزى بشكل رئيسي إلى احتوائها على مكونات رملية ومخلفات مواد البناء، وكلاهما لا يساعد على خصوبة التربة.

ووجد أن المحتوى الحصوي لجميع العينات التي تم جمعها يراوح بين ٧,٠٪–١٤,٤٪. كما أن ملوحة التربة تقل، بشكل عام، عن ٤ ميكروسيمنز/ سم في منطقة الدراسة، باستثناء موقع واحد تجاوزت فيه درجة الملوحة ذلك المعدل، مما يعد مؤشراً على استخدام مياه ري ذات نوعية جيدة نسبياً في الأنشطة الزراعية. وتجدر الإشارة إلى ضرورة التخلص من الأملاح الموجودة في التربة التي يكون منشؤها في العادة مياه الري المستخدمة للمحافظة على جودتها، وإلا فإن ملوحة التربة سوف تزداد تدريجياً إلى أن تبلغ معدلات يستحيل عندها نمو النباتات. إضافة إلى ذلك، فإن معامل ادمصاص الصوديوم (قلوية التربة) في منطقة الدراسة يقع ضمن المعدلات المسموح بها التي تعد آمنة لنمو النباتات.

الموقع RW02 **(مسجد الدعيج):**

يعد هذا الموقع أكبر المواقع التي تمت دراستها، ولذا، فقد تم تقسيمه إلى ١٢ وحدة ثانوية، تم حفر حفرة في كل منها، ثم جمعت ٤٧ عينة من التربة منها تمثل الأعماق المختلفة. وقد تم ضم جميع المعلومات التي جمعت من كل من الوحدات الثانوية بحيث تكون الصورة الكلية عن خصائص التربة في الموقع. ويوضح (شكل رقم ٤) أماكن الحفر في هذا الموقع وشكل رقم (٥) يمثل

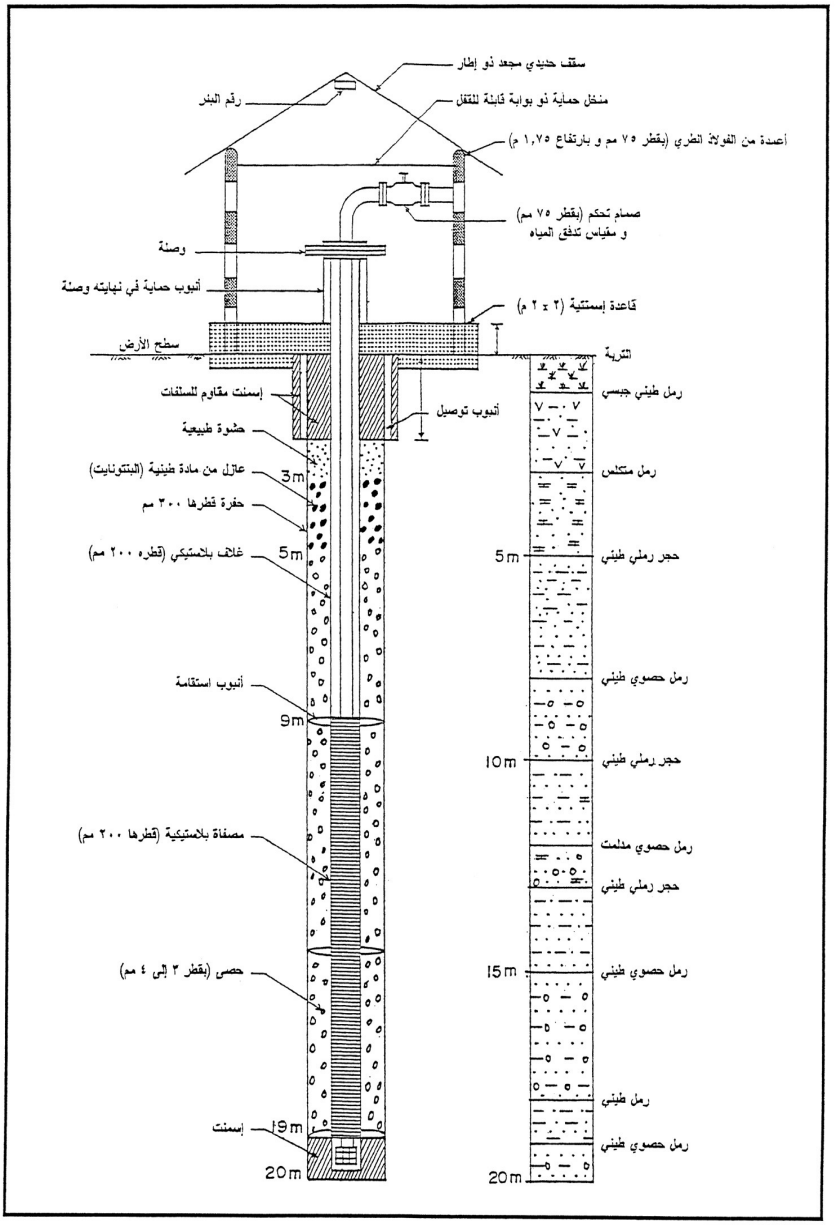
التصميم النهائي للبئر الإنتاجية في مسجد الدعيج، فيما يبين الجدول رقم (٤) الخصائص الفيزيائية والكيميائية الرئيسية لعينات التربة.



شكل رقم ٤ – رسم تخطيطي لمسجد الدعيج مبيناً فيه البئر الإنتاجية (RW02)

وتدل النتائج التي تم استخلاصها عن طريق فحص عينات التربة أن الموقع يتميز بعدم تجانسه ضمن مسافات قصيرة نسبياً. حيث وجد أن هناك طبقة صلبة تحوي نسبة كبيرة من كربونات الكالسيوم ضمن متر واحد تحت سطح التربة، وطبقة غير صلبة تحوي نسبة كبيرة من كربونات الكالسيوم والجبس ضمن متر واحد تحت سطح التربة، وطبقة تحت سطحية من الرمل والحصى ومخلفات مواد البناء.

وقد دلت نتائج تحاليل عينات التربة التي جمعت من الحفر في هذا الموقع على عدم توافر الظروف المثلى لنمو النباتات فيه، واستند هذا التقييم إلى نتائج تحاليل نسبة كربونات الكالسيوم في جميع العينات التي تم جمعها من الموقع المذكور. فقد أكدت النتائج أن معظم تلك العينات تحوي نسبة من كربونات الكالسيوم تراوح بين ١٠٪–١٦٪.



شكل رقم ٥ – التصميم النهائي للبئر الإنتاجية في مسجد الدعيج (RW-02)

جدول رقم ٤

الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينات التربة في الموقع RW02

رقم الموقع	عمق العينة سم	الأس الهيدروجيني	قيمة التوصيل الكهربائي ميكروسيمنز/سم	معامل ادمصاص الصوديوم ملليمكافئ/لتر	كربونات الكالسيوم مكافئ/لتر ٪	كمية الجبس ٪	نسبة حبيبات الرمل الخشنة ٪
A	٣٠–٠	٧,٥٤	٢,٠٥	١,٧٠	٩,٦٠	٢,٤٠	٦,٧٠
	٤٠–٣٠	٨,١٤	١,٢٨		٩,٤٠	٤,٩٠	٥,٤٠
	٦٠–٤٠	٨,٠٣	٢,٢٩		٩,٦٠	٦,٩٠	٦,٩٠
B	٣٠–٠	٨,٠٤	٤,٣٥	١٤,٢٠	١١,٢٠	٤,٧٠	١١,٥٠
	٤٠–٣٠	٧,٩٣	٢,٥٩		١٢,٨٠	١,٨٠	٨,٨٠
	٦٠–٤٠	٨,٠٦	٢,٦٧		١٠,١٠	٤,٧٠	٩,١٠
	٨٠–٦٠	٨,٠١	٢,٨٧		١٢,٠٠	٧,٣٠	٩,٧٠
	٩٠–٨٠	٨,٠٨	٢,٢٦		٩,٢٠	٦,٠٠	١٢,٧٠
	١٠٥–٩٠	٨,٠٤	٢,٠١		١٠,٦٠	٩,١٠	١٣,٤٠
C	٣٠–٠	٨,١٤	١,٩٢	١,٧٠	٩,٨٠	٢,٣٠	٦,٦٠
	٤٠–٣٠	٧,٩٥	١,٦٢		٨,٢٠	٢,٣٠	٧,٩٠
	٦٠–٤٠	٨,٠٧	١,٥٢		١٠,٤٠	٤,٢٠	٨,٤٠
	٨٠–٦٠	٧,٩٦	١,٧٤		٩,٧٠	٢,٤٠	١٠,٢٠
D	٤٠–٠	٨,١٠	٣,٠٢	٣,٣٠	٥,٨٠	١٤,٣٠	٧,٥٠
	٩٠–٤٠	٧,٩٤	١,٧٧		١٣,٧٠	٢,٢٠	١٣,٩٠
	١٠٥–٩٠	٧,٩٩	٧,٥٨		١٤,٩٠	٢,٠٠	٩,١٠
E	٣٠–٠	٨,٠١	١,٦١	١,٣٠	٨,٩٠	٤,٦٠	٧,٧٠
	٤٠–٣٠	٨,١١	١,٨٤		٨,٨٠	٦,٦٠	٨,٧٠
	٦٠–٤٠	٨,٠١	٢,٠٩		٧,٧٠	٢,٠٠	٩,٨٠
	٨٠–٦٠	٨,١٧	٢,٧٥		١٢,٥٠	٤,٣٠	٨,٧٠
	٩٠–٨٠	٨,١٤	٢,٥٢		١٢,٣٠	٢,٤٠	٩,٤٠
F	٣٠–٠	٨,٥٩	٣,٧٥	١٣,٩٠	١٢,٤٠	٢,٢٠	٨,٥٠
	٤٠–٣٠	٨,١٦	٥,١٥		١٢,٦٠	٦,٧٠	١١,٨٠

تابع/ جدول رقم ٤
الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينات التربة في الموقع RW02

رقم الموقع	عمق العينة سم	الأس الهيدروجيني	قيمة التوصيل الكهربائي ميكروسيمنز/سم	معامل ادمصاص الصوديوم ملليمكافئ/لتر	كربونات الكالسيوم مكافئ/لتر ٪	كمية الجبس ٪	نسبة حبيبات الرمل الخشنة ٪
	٤٠–٨٠	٨,٠٨	٣,٦١		١٣,٢٠	٣,٦٠	٧,٩٠
	٨٠–١٠٥	٨,٠٤	٣,٦٥		١٢,٥٠	٨,٢٠	٧,٩٠
G	٠–٣٠	٧,٨٥	١,٤٩	٢,٦٠	١٠,٧٠	٢,٠٠	١٠,٣٠
	٣٠–٤٠	٨,٠٩	١,٨٣		١,٩٠	١,٧٠	١٠,٣٠
	٤٠–٦٠	٨,١٦	١,٩٩		٨,٢٠	٦,٣٠	١٩,٣٠
	٦٠–٨٠	٨,٠٩	٢,٣٥		٩,٢٠	٦,٣٠	٢٠,٥٠
	٨٠–٩٠	٨,١٣	٢,٠٣		١٤,٣٠	٣,٨٠	١٢,٧٠
	٩٠–١٠٥	٨,٠٩	١,٩٦		١٢,٢٠	١,٧٠	٧,٩٠
H	٠–٣٠	٨,٠٧	١,٧٤	٢,٢٠	٨,٦٠	٤,٥٠	٨,٦٠
	٣٠–٨٠	٧,٩٣	٢,٣٧		١١,٥٠	٤,٦٠	١٠,١٠
	٨٠–١٠٥	٨,٠٨	٢,٠٧		١٤,٠٠	٢,١٠	٨,٧٠
I	٠–٣٠	٧,٩٩	١,٣٥	٧,٥٠	٦,٧٠	٢,١٠	٦,٣٠
	٣٠–٨٠	٨,١٦	٣,٤٠		١٠,٦٠	٢,١٠	٨,٣٠
	٨٠–١٠٥	٨,١٠	٢,٧٠		١٣,٠٠	١,٧٠	٦,٥٠
J	٠–٤٠	٨,٠٤	١,٣٦	٢,٦٠	١١,٩٠	٢,٣٠	٩,٤٠
	٤٠–٩٠	٨,١٣	٠,٧٦		١١,٨٠	١,٨٠	١١,٦٠
	٩٠–١٠٥	٧,٩٩	١,٦٣		١٣,٧٠	١,٧٠	٨,٧٠
K	٠–٣٠	٨,٢١	٢,٦٧	٥,٧٠	١١,٦٠	٢,٢٠	١١,٤٠
	٣٠–٨٠	٨,٠٠	٣,٠٦		١٤,٧٠	١,٧٠	١١,٧٠
	٨٠–١٠٥	٨,٢٠	٢,٣٦		١٦,٠٠	لايوجد	١١,٠٠
L	٠–٣٠	٨,٣٨	١٦,٢٠	٢,٢٠	١٢,٩٠	٢,٣٠	١٩,٦٠
	٣٠–٨٠	٨,٤٢	١,١٢		١٢,١٠	٤,١٠	١٥,٢٠
	٨٠–٩٠	٨,٥٧	٠,٦٠		١٢,٥٠	٢,٣٠	١٥,٣٠
	٩٠–١٠٥	٨,٣٧	٠,٥٨		١٣,٥٠	لايوجد	١٠,٩٠

كما تحوي ١٥ عينة ما تراوح نسبته بين ٥٪–١٠٪ من كربونات الكالسيوم. وتجدر الإشارة إلى أن هذه النتائج مبنية على تحليل المكونات الدقيقة للتربة، علماً بأن المكونات الصخرية التي يتجاوز قطر حبيباتها ٢ ملليمتر قد تحوي أيضاً نسبة معينة من كربونات الكالسيوم، ولذا، فإن النسبة الإجمالية لكربونات الكالسيوم في عينات التربة قد تتجاوز تلك النسبة الموضحة في الجدول رقم (٤). وقد تم التوصل إلى هذه الأسس استناداً إلى العديد من خصائص التربة التي تتحكم في نمو النباتات. وقد تم إدراج نسبة كربونات الكالسيوم في التربة بوضعها أحد تلك المعايير(٩). فإذا ما راوحت نسبة كربونات الكالسيوم في التربة بين صفر و٥٪، فإن تلك التربة تصنف بكونها تربة من الدرجة الأولى، وإذا ما راوحت نسبة كربونات الكالسيوم في التربة بين ٥٪–١٥٪، فإن تلك التربة تصنف بكونها تربة من الدرجة الثانية. وتشير نتائج تحاليل التربة إلى أن مختلف العينات التي تم جمعها من موقع RW02 تحوي نسبة من كربونات الكالسيوم كافية لنمو النباتات بشكل فعال. إضافة إلى ذلك، فإن نسبة كربونات الكالسيوم وحجمها في التربة يتحكمان في الخصائص الفيزيائية والكيميائية لها. كما تسهم كربونات الكالسيوم - في حال التحامها بنسيج التربة - في تكوين حاجز يحول دون حركة المياه للأسفل، كما يحول هذا الحاجز دون حركة الجذور ضمن طبقات التربة، وبالنتيجة يقلل من حجم التربة الفعلي اللازم لنمو الجذور.

وكما سبقت الإشارة إليه، فإنه لكي يتم ري النباتات بشكل فعال لا بد من توافر عمق معقول من التربة يسمح للنباتات بالحصول على العناصر الضرورية لنموها، علاوة على أن عمق التربة يساعد على ترشح الأملاح الضارة بنمو النباتات، ومن ثم التخلص منها. كما أن وجود عائق لحركة الجذور بالقرب من السطح من شأنه أن يعمل على التقليل من كمية التربة الفعلية التي يمكن للنباتات الحصول من خلالها على المياه والعناصر الغذائية الضرورية. علاوة على أن القدرة المحدودة لهذه الطبقة على السماح للمياه بالنفاذ من خلالها تعمل على تجمع تلك المياه فيها بشكل دوري، كما أنها تحول دون ترشح الأملاح الضارة بالنباتات، مما ينتج عنه ظاهرة التملح الثانوي للتربة، خاصة في الحالات التي يتم ري النباتات فيها بالمياه قليلة الملوحة.

ولوحظ في هذه الدراسة أن التربة في هذا الموقع تتسم، بشكل عام، بهشاشتها وخشونة النسيج الحبيبي المكون لها؛ فقد وجد أن المحتوى الرملي لهذه التربة يتجاوز ما نسبته ٩٠٪، في الوقت الذي يجب أن تحوي التربة الزراعية الصالحة لنمو النباتات نسبة متوازنة من الرمل، والغرين، والطين، إضافة إلى المكونات العضوية. فالتربة التي تشكل الرمال نسبة كبيرة منها تتسم بالعديد من الخصائص التي يكون من الصعب معها استخدامها في الأنشطة الزراعية. فقدرة هذه التربة على الاحتفاظ بالمياه محدودة جداً نظراً للتصريف العالي لها، كما أنها لا تستطيع الاحتفاظ بالعناصر الغذائية الضرورية لنمو النباتات، علاوة على أنها تعوق نمو الجذور واستقرارها بشكل طبيعي، وبالنتيجة فإن النباتات التي تنمو في هذه التربة تعاني الجفاف وفقدان العناصر الغذائية الضرورية لها. وبناءً على ذلك، فإن هذا الموقع يفتقر إلى المقومات التي تتطلبها التربة الزراعية. علاوة على ذلك، فإنه يتوقع أن تتردى نوعية التربة في موقع RW02، خاصة إذا ما تم ري النباتات بالمياه قليلة الملوحة.

وتجدر الإشارة إلى أن ملوحة التربة ومعدل قلويتها (SAR) يقعان ضمن الحدود المسموح بها في جميع الوحدات الثانوية لهذا الموقع في الوقت الحاضر، أما إذا ما تم ري النباتات بالمياه قليلة الملوحة فإن التربة في هذه الوحدات قد تتحول تدريجياً إلى تربة مالحة خاصة مع ازدياد دورات الري المتعاقبة. كما أن قيم الأس الهيدروجيني لتربة هذه المواقع تراوح بين كونها منخفضة إلى معتدلة، علماً بأن هذه القيم أعلى من القيم المثالية للتربة المستخدمة في الزراعة، التي تتوافر عندها العناصر الضرورية لنمو النباتات. ويراوح المحتوى الحبيبي الخشن فيها بين ٥٪–١٢٪، في حين لا تتجاوز نسبة الجبس في التربة ٥٪. وبضم نسبة كل من كربونات الكالسيوم، والجبس والحبيبات الخشنة يتضح لنا أن هذه المكونات الثلاثة تشكل ما يقارب ٣٥٪ من التربة في المواقع المذكورة، بينما تشكل الرمال النسبة المتبقية منها. لذا، فإن هذه التربة تفتقر، بشكل عام، إلى المكونات العضوية، والمواد الطينية، والخصائص الأخرى التي تتميز بها التربة الزراعية.

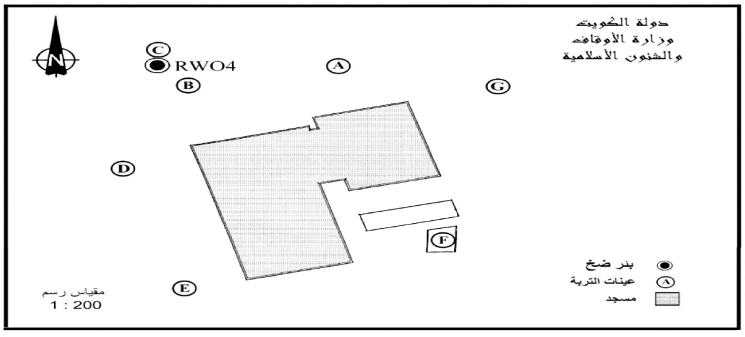
وقد لوحظ أن بعض الوحدات الثانوية في هذا الموقع (A, B, D, F, G, H) تحوي طبقات أكثر صلابة نسبياً تحت سطح الأرض، فيما يحوي بعضها الآخر

(E, I, J, K, L) طبقات تحت سطحية رملية هشة ذات حبيبات خشنة، وتؤكد هذه الملاحظات عدم تجانس هذا الموقع، الذي يمكن أن يعزى إلى نقل التربة من المواقع المختلفة إلى هذا الموقع. وبناءً على ذلك، فإن كل وحدة من الوحدات الثانوية المشار إليها ضمن هذا الموقع تحتاج إلى إستراتيجية مستقلة في إدارتها.

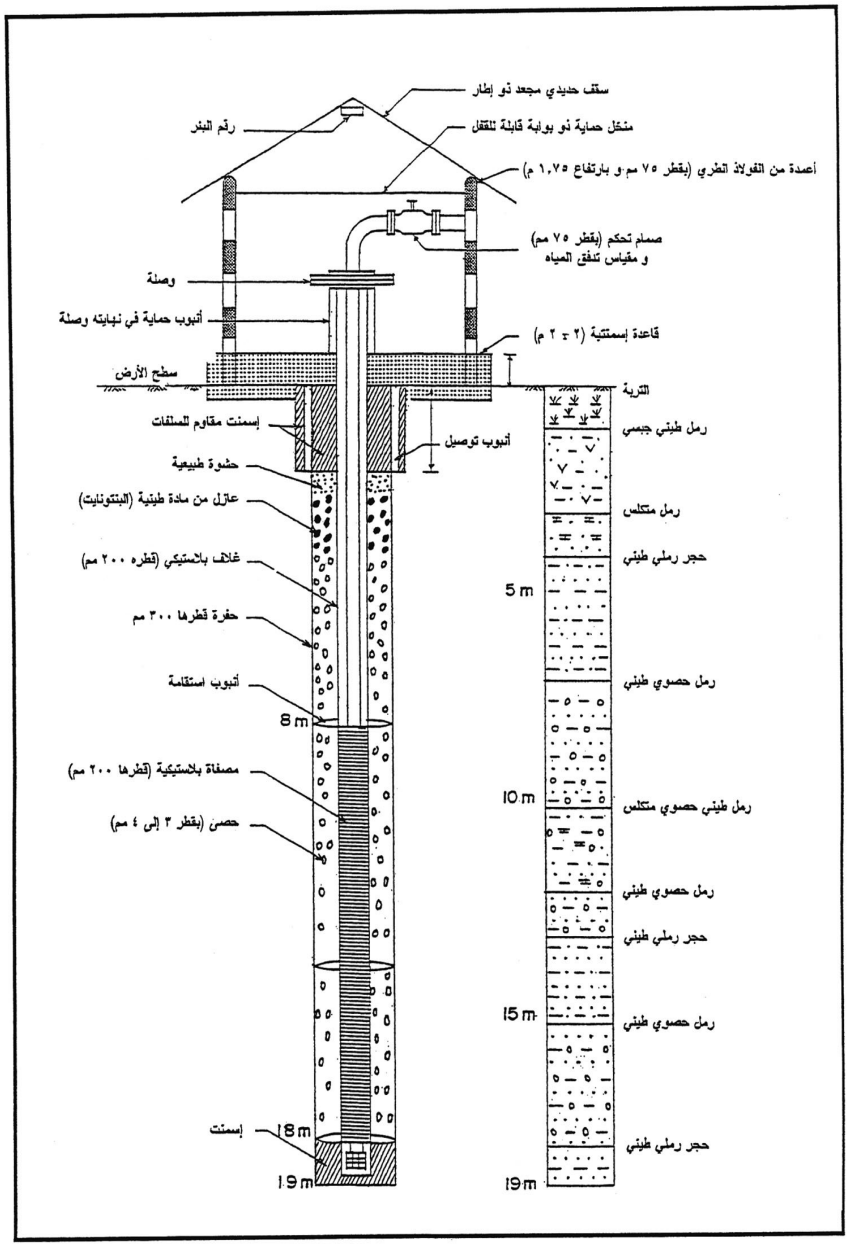
الموقع RW04 (مسجد ملا مرشد):

لقد تم اختيار سبعة مواقع ثانوية (A,B,C,D,E,F,G)؛ بحيث تمثل الموقع الرئيسي تمثيلاً دقيقاً – شكل رقم (٦) – حيث تم حفرها وجمع العينات منها. ومن ثم، تم إرسال ١٩ عينة منها لإجراء التحاليل المخبرية الدقيقة عليها. ويوضح شكل رقم (٧) التصميم النهائي للبئر الإنتاجية، في حين يوضح الجدول رقم (٥) نتائج تلك التحاليل.

ففي الموقع A، تم اختراق طبقة صخرية صلبة على عمق متر واحد فقط تحت سطح الأرض، فيما كان سطح الأرض في الموقع B مغطى بمخلفات مواد البناء، وكذلك الحال بالنسبة للموقع C، حيث رصدت كميات كبيرة نسبياً من مخلفات مواد البناء تغطي سطح الأرض فيه. وقد تم اختراق الطبقة الصلبة في هذا الموقع على عمق نحو ٩٠ سم تحت سطح الأرض. وتميز الموقع D بوجود طبقة غنية بالمكونات العضوية الحديثة على عمق ١٥ سم تحت سطح الأرض، فيما تميزت الأعماق ما بين ١٥ و٣٠ سم بوجود مخلفات مواد البناء فيها، في حين تميزت الأعماق ما بين ٦٠ و١٠٠ سم بوجود طبقة رملية هشة ذات حبيبات خشنة.



شكل رقم ٦ – رسم تخطيطي لمسجد ملا مرشد مبيناً فيه البئر الإنتاجية (RW04)



شكل رقم ٧ – التصميم النهائي للبئر الإنتاجية في مسجد ملا مرشد (RW-04)

جدول رقم ٥

الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينات التربة في الموقع RW04

رقم الموقع	عمق العينة سم	الأس الهيدروجيني	قيمة التوصيل الكهربائي ميكروسيمنز/سم	معامل ادمصاص الصوديوم ملليمكافئ/لتر	كربونات الكالسيوم مكافئ/لتر ٪	كمية الجبس ٪	نسبة حبيبات الرمل الخشنة ٪
A	٠–٤٠	٧,٩٢	٠,٧٢	٠,٧٠	٨,٧٠	٢,٦٠	٤,٦٠
	٤٠–٨٠	٧,٧٦	٥,٥٢		٨,٨٠	٣,٢٠	٥,٦٠
	٨٠–١٠٠	٨,٤٥	٥,٧٣		١٠,٧٠	٢,٩٠	١٤,٧٠
B	٠–٤٠	٧,٢٩	٠,٥٧	٣,٠٠	٨,٥٠	٣,٢٠	٨,٢٠
	٨٠,٤	٧,٩٧	١,٣٦		٩,٥٠	٣,٢٠	
	٨٠–١٠٠	٨,٠١	٣,٦٢		٩,٢٠	٣,١٠	٦,٢
C	٠–٤٠	٨,٠٧	٢,٧٨	٣,٢٠	٨,٥٠	٢,٤٠	١٤,٦
	٤٠–٦٠	٨,٢١	٣,١٤		٩,٢٠	٢,٦٠	٤,٧
	٦٠–١٠٠	٨,٣٤	٣,٢١		٧,٤٠	٢,٣٠	١٢,١
D	٠–٦٠	٧,٨٢	٤,١٢	٥,٠٠	٨,٦٠	٢,٧٠	٤,٩
	٦٠–١٠٠	٨,٦٢	٥,٥٧		٧,٧٠	٧,٥٠	٨,٩
E	٠–٣٠	٧,٧١	١,٠٥	١,١٠	١٠,٨	٢,٢٠	٩,٥
	٣٠–٦٠	٨,٢٦	١,٣٢		١٢,٧	١,٤٠	٧,٤
	٦٠–١٠٠	٨,٨٢	١,٢١		١٣,٢	١,١٠	٦,١
F	٠–٦٠	٨,٦٢	٠,٩٤	٤,٠٠	١٢	٣,٢٠	٥,٥
	٦٠–١٠٠	٨,٥٢	٧,٣٤		١٢,١	٢,٠٠	٨,٩
G	٠–٣٠	٧,٧٢	٣,٨٦	٣,٠٠	٧,٧	٣,٦٠	٧,٣
	٣٠–٨٠	٨,٢١	٢,٦٨		١٤,٥	٢,٤٠	٧,٤
	٨٠–١٠٠	٧,٦٣	٣,٩٤		١٥,٢	١,٧٠	١٦,٤

وفي الموقع E صادفت آلة الحفر قطعاً إسمنتية على عمق ٤٠ سم تحت سطح الأرض، فيما تميزت الطبقة الواقعة تحت هذا العمق بجفافها الشديد وهشاشتها.

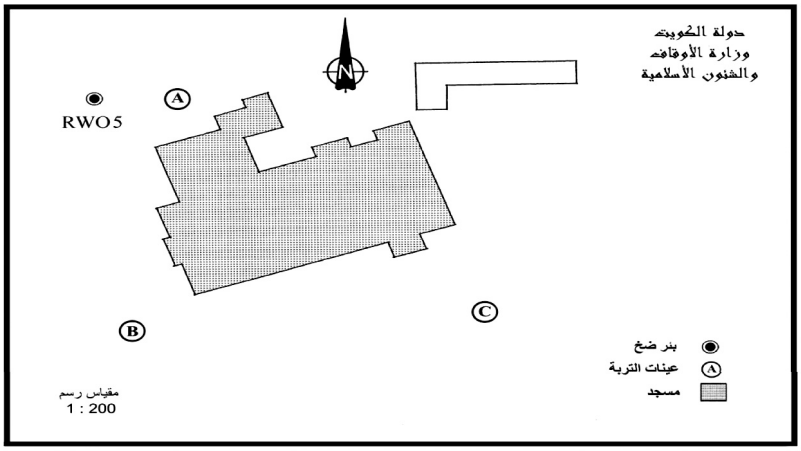
وبشكل عام، تراوح نسبة كربونات الكالسيوم في عينات التربة التي تم جمعها بين ٧,٤٪–١٥,٢٪، بينما لا تتجاوز نسبة الجبس في التربة ٤٪. وتجدر الإشارة إلى أن هذه النتائج مبنية على تحليل المكونات الدقيقة للتربة التي لا يتجاوز قطر حبيباتها ٢ ملليمتر، علماً بأن المكونات الصخرية التي يتجاوز قطر حبيباتها ٢ ملليمتر قد تحوي أيضاً نسبة معينة من كربونات الكالسيوم، ولذا، فإن النسبة الكلية لكربونات الكالسيوم في عينات التربة قد تتجاوز تلك النسبة.

ويزداد المحتوى الحصوي في التربة بشكل عام بازدياد العمق. وفيما يتعلق بخاصية التوصيل الكهربائي للتربة فإن قيمها لا تتجاوز ٤ ميكروسيمنز/سم لكل متر في معظم المواقع مما يدل على ارتفاع نسبة كربونات الكالسيوم في التربة، إضافة إلى أن معدلات قلوية التربة (SAR) تقع ضمن الحدود المسموح بها. وكما سبق ذكره، فإن استخدام مياه قليلة الملوحة في ري النباتات قد يؤدي إلى ارتفاع معدلات الملوحة في التربة؛ الأمر الذي يحتم تبني إستراتيجية مناسبة للحد من تدهور التربة في هذا الموقع.

أما فيما يتعلق بالتركيب الحبيبي لغالبية عينات التربة في هذا الموقع فإن الحبيبات الخشنة تشكل ما لا يتجاوز ١٠٪ من التربة باستثناء ٤ عينات راوحت نسبة الحبيبات الخشنة فيها بين ١٠٪–١٥٪. ويمكن تصنيف هذه التربة استناداً إلى التركيب النسيجي للحبيبات المكونة لها بأنها تربة رملية تفتقر إلى الخصوبة، كما أنها تفتقر إلى القدرة على الاحتفاظ بالماء، وحجز العناصر الضرورية لنمو النباتات.

الموقع RW05 (مسجد ابن القيم الجوزية):

لقد تم اختيار ثلاثة مواقع للحفر – شكل رقم (٨)، حيث يقع أحدها بالقرب من بئر الإنتاج الرئيسية. كما يوضح شكل رقم (٩) التصميم النهائي للبئر الإنتاجية في مسجد ابن القيم الجوزية. ويوضح الجدول رقم (٦) الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينات التربة المجموعة من المواقع التي تم حفرها، حيث تشير تلك النتائج إلى اختلاف هذا الموقع عن المواقع الثلاثة السابقة.

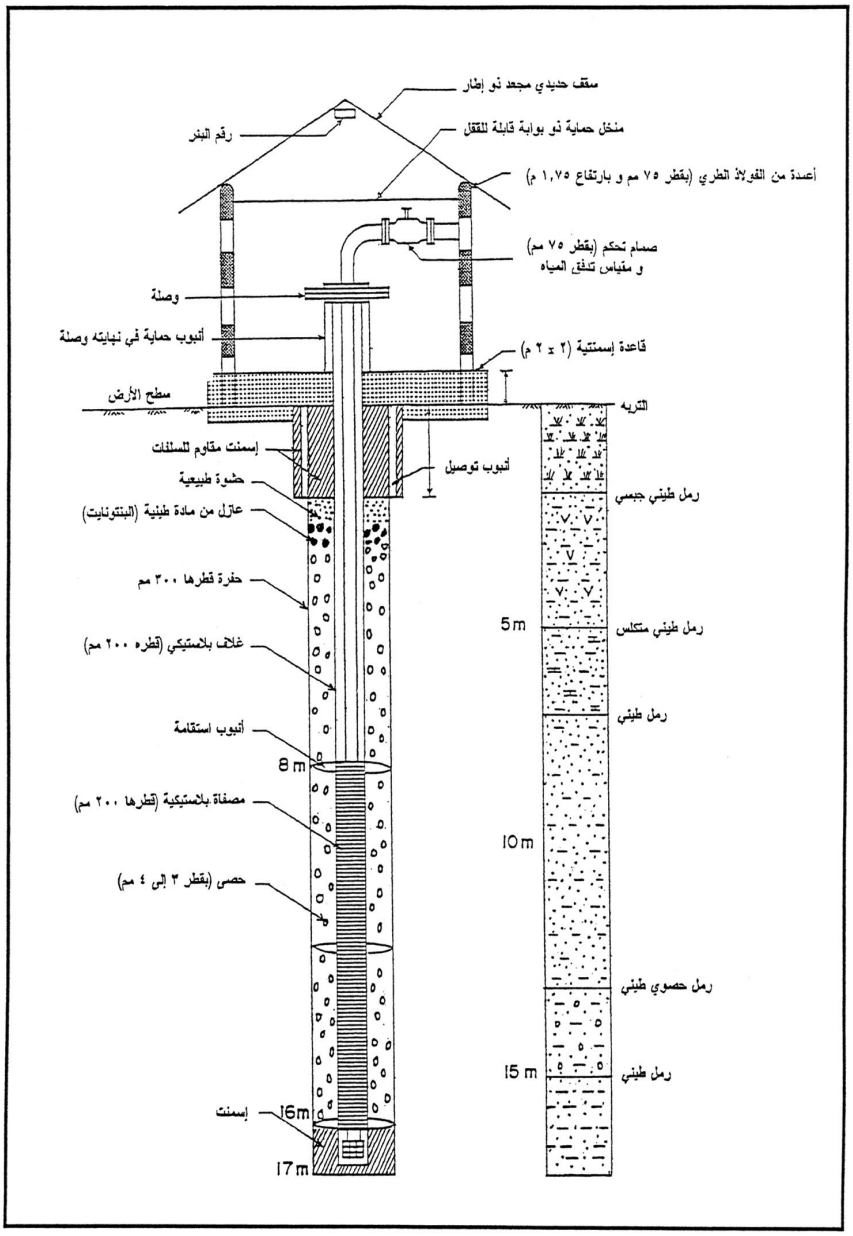


شكل رقم ٨ – رسم تخطيطي لمسجد ابن القيم الجوزية مبيناً فيه البئر الإنتاجية (RW05)

جدول رقم ٦

الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينات التربة في الموقع RW05

رقم الموقع	عمق العينة سم	الأس الهيدروجيني	قيمة التوصيل الكهربائي ميكروسيمنز/سم	معامل ادمصاص الصوديوم ملليمكافئ/لتر	كربونات الكالسيوم مكافئ/لتر ٪	كمية الجبس ٪	نسبة حبيبات الرمل الخشنة ٪
A	٠–٤٠	٧,٥٠	١,٣٧	١,٨٠	١٢,٨	٣,٣٠	٥,١٠
	٤٠–٩٠	٧,٧٠	١,٩٦		١٣,٧	٤,٧٠	٤,٩٠
	٩٠–١٠٠	٧,٩١	٥,٤٤		١٣,١	٥,٣٠	١٣,٥٠
B	٠–٤٠	٨,١٥	٣,٤٨	٥,٠٠	١٥,٨	٢,٢٠	٧,٠٠
	٤٠–٨٠	٧,٨٨	٢,٣٤		١٤,٦	٢,٠٠	٣,٢٠
	٨٠–١٠٠	٨,١٤	٢,١٣		١٤,٧	٤,٠٠	١٢,٤٠
C	٠–٣٠	٧,٧٥	٧,١٠	٦,٨٠	١٣,٤	١,٥٠	٤,٠٠
	٣٠–٩٠	٧,٧١	٣,٤٥		١٤	٥,٧٠	٤,٥٠
	٩٠–١٠٠	٧,٩٢	٣,٨٢		١٣,٩	٢,٨٠	١٠,٤٠



شكل رقم ٩ – التصميم النهائي للبئر الإنتاجية في مسجد ابن القيم الجوزية (RW-05)

وقد تم جمع ٩ عينات من التربة من ثلاثة مواقع ضمن الموقع الرئيسي، تحوي جميعها نسباً من كربونات الكالسيوم تراوح بين ١٢,٨٪–١٥,٨٪، كما لا تتجاوز نسبة الجبس في التربة، بشكل عام، ٦٪. إضافة إلى ذلك، فإن قيم التوصيل الكهربائي للتربة تجاوزت في موقعين فقط ٤ ميكروسيمنز/سم، فيما كانت أقل من ٢ ميكروسيمنز/سم في عينتين، وراوحت بين ٢ و٤ ميكروسيمنز/ سم في أربع عينات. كما أن معدلات قلوية التربة في هذا الموقع تقع ضمن الحدود المسموح بها. وتراوح نسبة الحبيبات الخشنة في التربة التي يزيد قطر حبيباتها على ٢ ملليمتر بين ٣,٢٪–١٣,٥٪، حيث تسود تلك الحبيبات الطبقات الأكبر عمقاً في المواقع الثلاثة المذكورة. إضافة إلى أن لون التربة في المواقع التي تمت دراستها يدل على افتقارها للمكونات العضوية، والمعادن التي تحوي عنصري الألمنيوم والسيليكات.

وتوضح نتائج تحاليل التركيب النسيجي لعينات التربة، والملاحظات الميدانية أن جزيئات التربة الأساسية لموقع RW05 تسودها الحبيبات الرملية. كما أن عينات التربة التي تم تحليلها مخبرياً تؤكد افتقارها، بشكل عام، إلى المعادن التي تحوي عنصري الألمنيوم والسيليكات والتي تكون المكونات ذات الحجم الحبيبي الغريني والطيني سائدة فيها، ومن ثم افتقارها للأجزاء الفعالة من التربة التي يعد الطين أحدها نظراً لكبر مساحته السطحية. وكما سبق ذكره، فإن التربة الرملية التي تتميز بخشونة مكوناتها لا تعد تربة زراعية جيدة نتيجة لافتقارها للخصوبة اللازمة، ولافتقارها للخصائص الأساسية للتربة الزراعية كالقدرة على الاحتفاظ بالماء، والقدرة على حجز العناصر الضرورية لنمو النباتات.

نتائج الاختبارات الكيميائية للمياه الجوفية:

يعد تركيز العناصر الكيميائية المختلفة والغازات المذابة في المياه الجوفية

نتيجة مباشرة لمرور المياه وانتقالها عبر المكونات الصخرية للطبقات المختلفة تحت سطح الأرض. فالمياه الجوفية عند ملامستها مع المكونات الصخرية للمكمن تقوم بإذابة العديد من مكونات التربة والطبقات التي يحويها. ونظراً لأن تركيز تلك العناصر في المياه الجوفية يتأثر بمؤثرات عديدة، فقد تمت مراقبة نوعيتها وتركيزها في أثناء اختبار الضخ عن طريق جمع عينات من المياه على فترات مختلفة وتحديد مدى التغير الطارئ على نوعيتها مع استمرار الضخ. وقد تم لهذا الغرض جمع ١٨ عينة من المياه الجوفية؛ وذلك لإجراء التحاليل الخاصة بالمكونات غير العضوية الرئيسية لها، بالإضافة إلى حساب معامل ادمصاص الصوديوم ودرجة عسر المياه فيها علاوة على تحديد خاصية التوصيل الكهربائي ومجموع الأملاح الذائبة والأس الهيدروجيني للمساجد الأربعة، كما هومبين في الجدولين رقمي (٧) و(٨).

يوضح الجدول رقم (٧) والجدول رقم (٨) نتائج التحاليل الكيميائية للمياه الجوفية في كل من مسجدي حمادة والدعيج، وفي مسجدي ملا مرشد وابن القيم الجوزية على التوالي.

جدول رقم ٧
نتائج التحاليل الكيميائية للمياه الجوفية
في كل من مسجدي حمادة والدعيج

	مسجد عبدالعزيز حمادة (RW01)						مسجد محمد عبد المحسن الدعيج (RW02)		
زمن جمع العينة بدءاً من عملية الضخ (دقيقة)	١٥	٧٢٠	١٤٤٠	٢١٦٠	٢٨٨٠	٦٠	٧٢٠	١٤٤٠	٢٠٤١
كمية المياه المنتجة من البئر (م٣ /اليوم)	١,٤٤٧٨	٦٩,٤٩٣	١٣٨,٩٩	٢٠٨,٤٨	٢٧٧,٩٧	٩,٠٨٤	١٠٩,١٠	٢١٨,٠٢	٣٠٩,٠١
القلوية (ملجم/لتر)	٢٦٣	٢١١	١٩٤	١٩٣	١٩٥	١٠١	٨٣	٨٤	٨٤
البيكربونات (ملجم / لتر)	٢٦٣	٢١١	١٩٤	١٩٣	١٩٥	١٠١	٨٣	٨٤	٨٤
الكلور (ملجم / لتر)	٧٥١	٧٦٢	٧٨٣	٧٩٧	٨٠٤	٤٠٨	٤٠١	٤٠٩	٤٣٥
الأس الهيدروجيني	٧,٠٧	٧,٣٦	٧,٥١	٧,٥٠	٧,٦٠	٦,٨٦	٧,٣٧	٧,٣٨	٧,١٩
قيمة التوصيل الكهربائي (ميكروسيمنز/سم)	٨٧٤٠	٨٣٠٠	٨٣٩٠	٨٥٣٠	٨٦٢٠	٥١٠٠	٥١٢٠	٥١٥٠	٥١٩٠
مجموع الأملاح الذائبة (ملجم / لتر)	٦٩٤٨	٦٢١٨	٦٣٧٢	٦٤٢٤	٦٤٩٤	٣٩٧٨	٣٩٦٨	٤١٢٠	٤١٧٨
الصوديوم (ملجم / لتر)	١٦٤٩	١٦٩٦	١٦٧٧	١٦٨٢	١٧٥٧	٦٠٥	٦٢٥	٦٢٦	٦٤٠
البوتاسيوم (ملجم / لتر)	٤٢	٤٢	٤١	٤١	٤٢	١٠٥	١٠٦	١٠٧	١٠٧
الكالسيوم (ملجم / لتر)	١١٤٥	١٧٦	١٧٣	١٧٣	١٨٥	٥٥٥	٥٥٩	٥٥٢	٥٥٨
المغنيسيوم (ملجم / لتر)	٦٧	٧٩	٧٨	٧٦	٨٤	٢٠٧	٢١٣	٢١٠	٢١٢
الكبريتات (ملجم / لتر)	٣١٣٣	٢٩٥٥	٢٩٥٩	٣٠٠٥	٣٠٧٩	٢٧٤٨	٢٨٥٢	٢٨٢٠	٢٧٦٣
درجة عسر الماء (ملجم / لتر)	٦٣٨	٧٦٤	٧٥٣	٧٤٥	٨٠٨	٢٢٣٨	٢٢٧٣	٢٢٤٣	٢٢٦٦
الفلورايد (ملجم / لتر)	٢,٥٥	٣,٨٢	٢,٧٤	٣,٤٨	٣,٥١	١,١٠	١,٢٨	١,٣٧	١,٦
معامل ادمصاص الصوديوم (ملليمكافئ / لتر)	١٢,٧٩	٢٦,٥٩	٢٦,٤٩	٢٦,٧٢	٢٦,٨٠	٥,٥٥	٥,٦٨	٥,٧٣	٥,٨٣

جدول رقم ٨
نتائج التحاليل الكيميائية للمياه الجوفية
في مسجدي ملا مرشد وابن القيم الجوزية

	مسجد ملا مرشد محمد السليمان (RW04)					مسجد ابن القيم الجوزية (RW05)			
زمن جمع العينة بدءاً من عملية الضخ دقيقة)	١٥	٧٢٠	١٤٤٠	٢١٦٠	٢٥٢٠	١٥	٧٢٠	١٤٤٠	١٩٢٠
كمية المياه المنتجة من البئر (م٣ /اليوم)	١,٤٤٧٨	٦٩,٤٩٣	١٣٨,٩٩	٢٠٨,٤٨	٢٤٣,٢٢	١,٣٦٢٦	٦٥,٤٠٥	١٣٠,٨١	١٧٤,٤١
القلوية (ملجم/لتر)	١٥٧	١٤٧	١٤٥	١٤٦	١٥٢	١٨٧	١٧٩	١٨٠	١٧٩
البيكربونات (ملجم / لتر)	١٥٧	١٤٧	١٤٥	١٤٦	١٥٢	١٨٧	١٧٩	١٨٠	١٧٩
الكلور (ملجم / لتر)	١٤٠٣	١١٤٥	١١٥٢	١٠٠٣	١٠١٧	١٣٦٤	١٣٠٨	١٣٠١	١٢٧٩
الأس الهيدروجيني	٧,٧٦	٧,٠٠	٧,١٢	٦,٩٦	٧,٧٢	٧,٤٥	٧،١٢	٧،١٠	٧،١٣
قيمة التوصيل الكهربائي (ميكروسيمنز/سم)	٧٤٣٠	٤٨٥٠	٧٢٣٠	٧٠٣٠	٧٠٧٠	٨٩٣٠	٨٨٩٠	٨٩٤٠	٨٩٧٠
مجموع الأملاح الذائبة (ملجم / لتر)	٦٦٣٤	٦٠٨٠	٥٤٤٦	٥٢٨٨	٥٣٢٢	٧٠٩٠	٧١١٢	٦٩٥٥	٦٨٨٩
الصوديوم (ملجم / لتر)	٦٨٢	٨٨٨	٩٣٤	٨٩٦	٩٢٧	١٦٢٥	١٧١٢	١٦٧٥	١٦٦٨
البوتاسيوم (ملجم / لتر)	٩٩	٨٨	٩٤	٩٣	٩٤	٧٣	٧٧	٧٦	٧٣
الكالسيوم (ملجم / لتر)	٧٦٩	٥٨٩	٥٨١	٥٧٨	٥٩٧	٣٨٣	٤١١	٤٠٦	٤٠٥
المغنيسيوم (ملجم / لتر)	٢١١	١٧٤	١٨٤	١٨٤	١٨٨	١٦٦	١٧٤	١٧٢	١٧١
الكبريتات (ملجم / لتر)	٢٠٧٨	٢٢٦٤	٢٥٥٩	٢٥٣٥	٢٥٥٦	٣٥٦٥	٣٤١١	٣٤٦٦	٣٥٤١
درجة عسر الماء (ملجم / لتر)	٢٧٨٨	٢١٨٧	٢٢٠٨	٢٢٠١	٢٢٦٥	١٦٣٩,٨	١٧٤٢	١٧٢٢	٢٦٧٨,٨
الفلورايد (ملجم / لتر)	٣,٠٠	١,٥١	٣,٨٠	٣,٧٨	٢,٩٢	٢,١٣	١,٩٥	٣,١٨	٢,٧٧
معامل ادمصاص الصوديوم (ملليمكافئ/لتر)	٥,٦٠	٨,٢٤	٨,٦٢	٨,٢٨	٨,٤٥	١٧,٤٠	١٧,٧٨	١٧,٥٠	١٧,٤٦

الخصائص الهيدروليكية لمكمن المياه الجوفية في منطقة الدراسة:

تتدفق المياه الجوفية في منطقة الدراسة عبر الوحدة الصخرية العلوية لمكمن مجموعة الكويت، وتتحرك فوق المياه المالحة الراكدة نسبياً والموجودة في النطاقات الأكثر عمقاً ومنها إلى جون الكويت في الخليج العربي. وقد تم إجراء اختبارات الضخ والاسترجاع بمعدل ثابت في الآبار الأربع لتحديد الخصائص التوصيلية للمكمن. كما تم التحليل والتقييم للنتائج الميدانية لمعدلات انخفاض المياه الجوفية واسترجاعها مع الوقت وفقاً لطريقة حنتوش للخط المستقيم (١٠)، وهذا ما يوضحه الجدول رقم (٩).

جدول رقم (٩)
نتائج اختبارات الضخ والاسترجاع ومعدلات الناقلية الهيدروليكية في كل بئر من الآبار الإنتاجية في منطقة الدراسة

رقم البئر	العمق الابتدائي لمنسوب المياه (متر)	المنسوب النهائي للمياه بعد انتهاء الضخ (متر)	معدل الضخ (م٣/اليوم)	الوقت الكلي للضخ (ساعة)	الناقلية الهيدروليكية م٢/اليوم
Rw01	٤,٠١	٩,٠٤	١٣٩	٤٨	٣٠٠
Rw02	٥,٤٦	١٨,٤٦	٢١٨	٣٤	١٥٠
Rw04	٤,٦٨	٧,٥٧	١٥٨	٣٣	١٠٠
Rw05	٢,١٧	٩,٧٧	١٣١	٣٢	١٠٠

مناقشة النتائج والتوصيات:

يتلخص الهدف الرئيسي من هذه الدراسة في تقييم إمكانية الاستفادة من المياه الجوفية المنتجة من مكمن الكويت العلوي في تخضير أربعة مساجد في منطقة الروضة، علاوة على استخدامها للغسيل في حمامات تلك المساجد بديلاً من المياه العذبة المستخدمة حالياً.

لقد أوضحت نتائج مسح التربة في مسجد حمادة RW01 افتقارها لشروط

مواصفات التربة الصالحة للزراعة، ولذا يجب الاستبدال بها تربة زراعية تحتوي على العناصر الضرورية لنمو النباتات. كذلك فإن قيم الأس الهيدروجيني للتربة تعد مرتفعة؛ مما يؤكد عدم صلاحيتها للزراعة.

وتوضح نتائج اختبارات الضخ في مسجد حمادة؛ أن قيم الناقلية الهيدروليكية للمكمن العلوي من مجموعة الكويت تعد الأفضل مقارنة بالمساجد الأخرى، حيث بلغت في هذا الموقع نحو ٣٠٠ م^{٢}/ اليوم؛ مما يعكس قدرة إنتاجية كبيرة للبئر الإنتاجية فيه. كما بينت نتائج التحاليل الكيميائية للمياه الجوفية أن مجموع الأملاح الذائبة في هذا البئر تراوح بين ٦٢١٨ و٦٩٤٨ ملجم/ لتر.

علماً بأن مجموع الأملاح الذائبة استقر في نهاية اختبار الضخ عند ٦٤٩٤ ملجم/ لتر، بمعدل ضخ ١٤٠م^{٣}/ اليوم، وبناءً عليه، فإن إنتاج المياه الجوفية من هذه البئر بمعدل ضخ ١٤٠م^{٣}/ اليوم، وبحد أقصاه ١٢ ساعة يومياً يعد الإنتاج الأمثل للحصول على مياه تتناسب كماً ونوعاً مع الأنشطة التخضيرية المزمعة. وعند حساب معامل ادمصاص الصوديوم وجد أنه راوح بين ١٢,٧٩ – ٢٦,٨ ملليمكافئ/لتر، وعند ربط معامل ادمصاص الصوديوم بخاصية التوصيل الكهربائي، يتضح أن المياه الجوفية في هذا الموقع تصلح لري النباتات التي تتحمل معدلات عالية من الملوحة، كما هو مبين في شكل رقم (١٠). ووجد من تعيين عسر الماء الكلي (Total hardness) أنها تصل إلى ٨٠٨ ملجم/ لتر مما يدل على احتوائها على كميات كبيرة من عنصر الماغنسيوم والكالسيوم اللذين يؤديان إلى عسر المياه؛ مما يؤثر سلباً على إمكانية الاستفادة من المياه الجوفية في الغسيل خصوصاً إذا ما صاحب استخدام المياه الصابون.

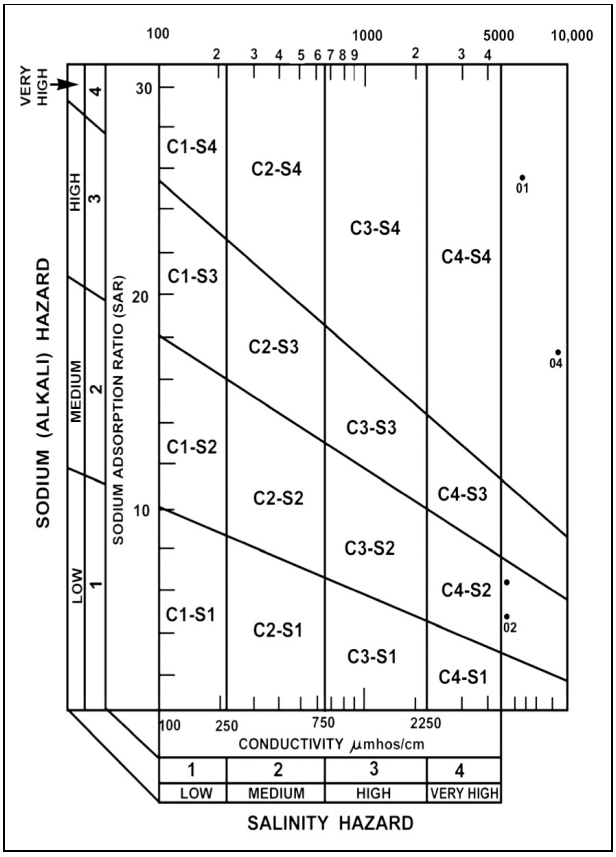
وتراوح قيم عنصر الفلورايد بين ٢,٥٥ – ٣,٨٢ ملجم/ لتر، وهي قيم مرتفعة نسبياً؛ مما قد يترتب عليه التسبب في المشكلات المرتبطة بالأسنان في حالة الاستمرار في الاستفادة منها للغسيل. وبناء على ما تقدم، فإن المياه

الجوفية في هذا المسجد لا تصلح للغسيل أوالوضوء، إلا أنه يمكن استخدامها في تعبئة خزانات التفريغ المخصصة للمراحيض.

أما في موقع RW02 مسجد الدعيج فقد أظهرت نتائج تحاليل التربة افتقارها للمواد العضوية والعناصر الأساسية التي تحتاج إليها النباتات لنموها.

وتؤكد نتائج اختبار الضخ في هذا المسجد أن قيم الناقلية الهيدروليكية للمكمن العلوي بلغت نحو ١٥٠م^{٢}/ اليوم؛ مما يدل على قدرة إنتاجية كبيرة للبئر الإنتاجية فيه. ودلت نتائج التحاليل الكيميائية للمياه الجوفية أن مجموع الأملاح الذائبة تراوح بين ٣٩٦٨ ـ ٤١٧٨ ملجم/ لتر في أثناء فترة الضخ، كما أن الأس الهيدروجيني يراوح بين ٦,٨٦ – ٧,٣٧؛ مما يدل على أنها قيم مثالية للمياه المستخدمة في جميع الأنشطة الزراعية. كما أن قيم معامل ادمصاص الصوديوم تراوح بين ٥,٥٥ – ٥,٨٣ ملليمكافئ/لتر، وعند ربطها مع خاصية التوصيل الكهربائي، يتضح أن المياه الجوفية في هذا الموقع تصلح لري النباتات التي تتحمل معدلات عالية من الملوحة. وتشير نتائج اختبار الضخ إلى أن الكمية المثلى من المياه الجوفية التي يمكن استخدامها من هذا الموقع تراوح بين ١٤٠ و١٦٠م^{٣}/ اليوم على ألّا تتجاوز مدة الضخ ١٢ ساعة يومياً. ووجد أن عسر المياه الكلي يصل إلى ٢٢٧٣ ملجم/ لتر مما يقلل من فرص الاستفادة من هذه المياه للغسيل أوالوضوء. كما أن تركيز عنصر الفلورايد يراوح بين ١,١ و١,٦ ملجم/ لتر، وهي قيم ضمن الحدود المسموح بها وفقاً لمعايير منظمة الصحة العالمية.

وبناءً عليه، فإن المياه الجوفية في هذا المسجد لا تصلح للغسيل أوالوضوء إلا أنه يمكن استخدامها في تعبئة خزانات التفريغ المخصصة للمراحيض.



شكل رقم ١٠ – العلاقة بين معامل ادمصاص الصوديوم وخاصية التوصيل الكهربائي للمياه

أما في مسجد ملا مرشد RW04 فقد دلت نتائج مسح التربة على افتقارها للمواد العضوية والعناصر الأساسية التي تحتاج إليها النباتات لنموها، كما أنها تربة رملية تتسم بعدم القدرة على حفظ المياه. ودلت نتائج التحاليل الكيميائية للتربة على ارتفاع قيمة الأس الهيدروجيني ومجموع الأملاح الذائبة مما يؤكد عدم صلاحية التربة للزراعة.

لذا، فإن من الضروري الاستبدال بهذه التربة تربة أخرى زراعية تحتوي

على العناصر الضرورية لنمو النباتات. كما أن قيم الناقلية الهيدروليكية بلغت نحو ١٠٠ م^{٣}/ اليوم؛ مما يعكس قدرة إنتاجية كبيرة للبئر الإنتاجية فيه. كما أن مجموع الأملاح الذائبة تراوح بين ٥٢٨٨ – ٦٦٣٤ ملجم/ لتر، كما أن قيمة الأس الهيدروجيني راوحت بين ٦,٩٦ – ٧,٧٢، وهي قيمة مثالية للمياه المستخدمة في الزراعة.

ودل حساب معامل ادمصاص الصوديوم الذي يراوح بين ١٧,٤ – ١٧,٧٨ ملليمكافئ/لتر وربطه مع خاصية التوصيل الكهربائي، على أن المياه الجوفية في هذا الموقع تصلح لري النباتات التي تتحمل معدلات عالية من الملوحة. كما أن المياه الجوفية ترتفع فيها قيمة عسر المياه الكلي إلى ٢٧٨٨ ملجم/ لتر؛ مما يقلل من فرص الاستفادة من هذه المياه للغسيل أوالوضوء. إضافة إلى أن تركيز الفلورايد يقع بين ١,٥١ – ٣,٨ ملجم/لتر، وهي قيم عالية وفقاً لمعايير منظمة الصحة العالمية، ومن ثم تؤدي إلى مشكلات مرتبطة بالأسنان، لذا فإن المياه الجوفية في هذا المسجد لا تصلح للغسيل أوالوضوء، إلا أنه يمكن استخدامها في تعبئة خزانات التفريغ المخصصة للمراحيض، إضافة إلى إمكانية استخدامها في الأنشطة التخضيرية المزمع القيام بها.

أما بالنسبة إلى مسجد ابن قيم الجوزية RW05 فإن نتائج مسح التربة دلت على افتقارها للمعادن الطينية الحاوية على مركبات سيليكات الكالسيوم الذي تحتاج إليه النباتات لنموها. كما توضح نتائج اختبار الضخ أن قيمة الناقلية الهيدروليكية تبلغ نحو ١٠٠م^{٢}/اليوم، مما يعكس قدرة إنتاجية كبيرة للبئر الإنتاجية فيه. ودلت قيم معامل ادمصاص الصوديوم على انخفاض قيمها إلا أن الربط بينها وبين خاصية التوصيل الكهربائي يوضح صلاحية المياه الجوفية في هذا الموقع لري النباتات التي تتحمل معدلات عالية من الملوحة.

ورواحت درجة عسر المياه الكلي تقريباً بين ١٦٤٠ – ٢٦٨٠ ملجم/لتر

مما يقلل من فرص الاستفادة من هذه المياه للغسيل أوالوضوء. كما أن قيم عنصر الفلورايد تراوح بين ١,٩٥-٣,١٨ ملجم/لتر، وهي قيمة مرتفعة وفقاً لمعايير منظمة الصحة العالمية وتؤدي إلى مشكلات في الأسنان. لذا، فإن المياه الجوفية في هذا المسجد لا تصلح للغسيل أوللوضوء، إلا أنه يمكن استخدامها في تعبئة خزانات التفريغ المخصصة للمراحيض وإمكانية الاستفادة منها في الأنشطة التخضيرية.

الخلاصة:

تعد المياه الجوفية التي تحويها المكامن الواقعة في دولة الكويت أحد الموارد الطبيعية للمياه التي يمكن استغلالها في ري المزروعات بغرض تخضير المساحات المفتوحة في البلاد، ولاسيما تلك المساحات الواقعة ضمن مدينة الكويت وضواحيها؛ إذ إنه يمكن الاستفادة من تلك المياه مباشرةً أوبعد معالجتها معالجة بسيطة في العديد من الأنشطة الزراعية والتخضيرية، الأمر الذي من شأنه توفير كميات كبيرة من المياه العذبة المستغلة حالياً في تلك الأنشطة.

وقد تمت هذه الدراسة في إطار خطة طموحة للتحقق من إمكانية استغلال المياه الجوفية في تخضير أربعة مساجد تقع في منطقة الروضة هي: مسجد حمادة، ومسجد الدعيج، ومسجد ملا مرشد، ومسجد ابن القيم الجوزية؛ وذلك بغية إضفاء الجانب الجمالي على منطقة الروضة من جهة، والإسهام في إيجاد مصدر بديل للمياه العذبة عالية الكلفة التي تتم الاستفادة منها في الوقت الحاضر في الأنشطة التخضيرية والتجميلية. وقد اتضح أن دراسة خصائص التربة في المواقع المراد تخضيرها من الأمور المهمة التي يتوقف عليها نجاح الأنشطة التخضيرية والتجميلية المزمع تنفيذها أو فشلها آخذاً بعين الاعتبار كميات المياه الجوفية المنتجة ونوعيتها. وقد دلت نتائج فحوصات التربة على افتقارها للمكونات العضوية اللازمة لنمو النباتات، حيث تكثر فيها نسبة

الحبيبات الخشنة. كما أن لون التربة في المساجد التي شملتها الدراسة يميل إلى اللون البني الباهت؛ مما يدل على افتقارها للمواد العضوية، علاوة على نقص المعادن التي تحوي عنصري الألمنيوم والسيليكات فيها، التي تعد من مستلزمات نمو النباتات. إضافة إلى ذلك، فإن المحتوى الرملي للتربة يتجاوز ما نسبته ٩٠٪، في الوقت الذي يجب أن تحوي التربة الزراعية الصالحة لنمو النباتات نسباً متوازنة من الرمل، والغرين، والطين. ودلت نتائج التحاليل الكيميائية للمياه الجوفية في منطقة الدراسة على أن مجموع الأملاح الذائبة يراوح فيها بين ٣٩٦٨ – ٧١١٢ ملجم/ لتر. وفي حساب معامل ادمصاص الصوديوم دلت النتائج على ارتفاع هذا المعامل في بعض المساجد وانخفاضه في مساجد أخرى، وعند ربط معامل ادمصاص الصوديوم بخاصية التوصيل الكهربائي يتضح أن المياه الجوفية تصلح لري النباتات التي تتحمل معدلات عالية من الملوحة.

كما أن عسر المياه الكلي المرتفع وتركيز أيون الفلورايد فوق المعدل المسموح بها وفق معايير منظمة الصحة العالمية يجعل المياه الجوفية في هذه المساجد لا تصلح للغسيل أو الوضوء، إلا أنه يمكن استخدامها في تعبئة خزانات التفريغ المخصصة للمراحيض.

المراجع

أولاً – المراجع العربية:

- جواد السليمي وعدنان أكبر، (١٩٩٩م)، المياه الجوفية في دولة الكويت، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، دولة الكويت.
- وزارة الطاقة، (٢٠٠٦م)، كتاب الإحصاء السنوي: المياه، إدارة الإحصاء ومركز المعلومات، وزارة الطاقة، الكويت.

ثانياً – المراجع الأجنبية:

- Abdulsahib, A. (1989), The geology of Umm Gudair Field and vicinity. MEW, Kuwait (unpublished).
- Al-Ruwaih, F.M. and Qabazrd, H.A. (2005), Aquifer characteristics and water quality of Miocene-Pleistocene sediments, Kuwait. Bull.Eng.Geo.Environ, 64: 175-191.
- Ebrahim, M., H. Abdulla, T. Rashid and A.M.R. Bedawy. (1998), Study, Design and Construction Supervision of a Pilot Groundwater Drainage Project (WH-001)-Second Interim Report, KISR, Kuwait.
- Hadi, K.M, Al-Ruwaih, F.M. (2005), Influence of dolomitization on the geochemistry of carbonate and clastic aquifers induced by vertical flow, Kuwait. Kuwait Journal of Science and Engineering, 32(1) pp 145-174.
- Hadi, K,; M. N. A;-Senafy, H. Al-Abdullah, T. Rashid and H. Naseeb. (1999), Monitoring and sample collection (WH-001) - Third Interim Report, KISR, Kuwait.
- Khalaf, F.; A. Mukhopadhyay; M. Naji, M. Sayed; W. Shublaq; M. Al-Otaibi; K. Hadi; Z. Siwek and N. Saleh. (1989), Geological assessment of the Eocene and Post-Eocene aquifers of Umm Gudair, Kuwait, Report KISR3176, Kuwait (unpublished).
- KISR. (1999), Soil Survey and Associated Activities for the State of Kuwait. 5 Volumes.

- Kruseman, G.P. and Deridder, N.A. (1991), Analysis and Evaluation of Pumping Test Data, Second edition. International Institute for land reclamation and improvement. Wageningen, The Netherlands.
- Mukhopadhyay, A.; J. Al-Sulaimi; and J. Barrat. (1994), Numerical modeling of ground-water resource management options in Kuwait. Groundwater 32(6): 917-28.
- Munsel. (1998), Munsel Soil Color Charts, Revised edition. New Windsor, New York: Macbeth Division of Kollmorgen Instruments Corporation.
- Page, A. L.; Miller, R. H. and Keeney, D. R. (1982), Methods of Soil Analysis, Part 2. Madison, Wisconsin, U.S.A.
- Sayed, S. A. S.; F. Szekely, A. Mukhopadhyay and H. Ghoneim. (1997), Study, Design and Construction Supervision of a Pilot Groundwater Drainage Project - Part 2: Hydrogeological Analysis of the Drainage Process (WH-001). Kuwait Institute for Scientific Research, KISR 5095. Kuwait.
- Todd, D. k. and Mays. L. W. (2005), Groundwater hydrogeology. John Wiley and Sons, Inc. U.S.A.
- USDA. (1995), Soil Survey Laboratory Information Manual. Soil Survey Investigation Report No. 45, version 1.0, May 1995. United State Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center.
- USDA. (1996), Soil Survey Laboratory Information Manual. Soil Survey Investigation Report No. 42, version 3.0, January 1996. United State Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center.