



المياه الرمادية بمدينة الرياض (معالجتها وصلاحياتها للري)



١٩

أ. د. عبدالرب الرسول موسى العمران
د. محمد إبراهيم التوابل

سلسلة الإصدارات العلمية للجمعية السعودية للعلوم الزراعية

الإصدار التاسع عشر - السنة الحادية عشر

الجمعية السعودية للعلوم الزراعية
سلسلة الإصدارات العلمية
إصدار رقم (١٩)

المياه الرمادية بمدينة الرياض (معالجتها وصلاحياتها للري)

الأستاذ الدكتور/ عبد رب الرسول العمران
الدكتور/ محمد ابراهيم الوابل

قسم علوم التربة
كلية علوم الأغذية و الزراعة
جامعة الملك سعود

إصدار بمناسبة ورشة العمل الخاصة بالمياه الرمادية
المنظمة من قبل قسم علوم التربة وبالتعاون مع عمادة البحث العلمي
جامعة الملك سعود
لعام ١٤٣٢ هـ



ح

جامعة الملك سعود ، ١٤٣٢هـ

الجمعية السعودية للعلوم الزراعية
فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

العمران، عبدرب الرسول، محمد الوابل
المياه الرمادية بمدينة الرياض..معالجتها وصلاحتها للري |

عبد رب الرسول العمران : محمد إبراهيم الوابل - الرياض ١٤٣٢هـ

٤٠ ص، ١٦,٧٥ × ٢٣,٥ سم

ردمك: ٣-٦٢٥ - ٥٥ - ٩٩٦٠ - ٩٧٨

١- المياه - معالجة ٢- تنقية المياه أ.الوابل، محمد إبراهيم (مؤلف
مشارك) ب-إعادة استخدام المياه
. محمد الوابل (مؤلف مشارك) ب. المياه الرمادية بمدينة الرياض..
معالجتها وصلاحتها للري

١٤٣١/٢٨٢٤ ٥٨٢,١٦

رقم الإيداع : ١٤٣٢/٤٥٥هـ

ردمك : ١-٧٦٠ - ٥٥ - ٩٩٦٠ - ٩٧٨

حقوق الطبع محفوظة

الطبعة الأولى

١٤٣٢ هـ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ





المحتويات

٧	المؤلفان في سطور
٩	المقدمة
١٠	١. الأهداف
١٠	٢- ماهية المياه الرمادية
١٥	٣- التجارب العالمية في استخدام المياه الرمادية
١٨	٤- مشروع تطبيقي لإعادة استخدام المياه الرمادية بمدينة الرياض
١٨	مدينة الرياض
١٩	معلومات المياه بمنطقة الرياض
٣٥	٥- نظرة مستقبلية
٣٦	٦- المراجع

مجلس إدارة

الجمعية السعودية للعلوم الزراعية

الرئيس الفخري للجمعية:

صاحب السمو الملكي الأمير فهد بن سلطان بن عبدالعزيز

رئيس مجلس إدارة الجمعية:

أ.د. إبراهيم بن محمد عارف

نائب الرئيس:

م. موسى بن مفرح القحطاني

أمين المجلس:

أ.د. أحمد بن عبدالله الخازم الغامدي

أمين المال:

د. محمد بن شايح الشايح

أعضاء مجلس الإدارة:

د. سالم بن سفر الغامدي

د. عبدالرحمن بن محمد الصعب

أ. سليمان بن يوسف السالم

أ. مرعي بن سالم التهدي

م. جابر بن سالم اليامي

هيئة تحرير سلسلة الإصدارات العلمية

للجمعية السعودية للعلوم الزراعية

رئيس التحرير:

أ.د. فهد بن عبد الله اليحيى

مدير التحرير:

أ.د. محمد بن سليمان السكران

هيئة التحرير:

د. إبراهيم بن عبد الرحمن الشدي

د. محمد بن إبراهيم الوابل

المؤلفان في سطور



أ.د. عبدرب الرسول موسى العمران

- حصل على درجة الماجستير في علوم المياه من جامعة كاليفورنيا ديفز ١٣٩٩هـ.
- حصل على الدكتوراه في علوم التربة من جامعة ولاية أوريغون - كرفاليس - الولايات المتحدة الأمريكية عام ١٤٠٤هـ.
- تدرج في الدرجات العلمية حتى حصل على درجة الأستاذية في فيزياء التربة والعلاقات المائية عام ١٤١٣هـ.
- عمل سعادته مستشاراً غير متفرغ بوزارة المياه والكهرباء لمدة عامين خلال الفترة من ١٤٢٤/٣ هـ وحتى ١٤٢٥/٣ هـ.
- عضو هيئة تحرير المجلة العلمية لكلية علوم الأغذية والزراعة لمدة خمسة أعوام في الفترة من ١٤١٥ هـ إلى ١٤٢٠ هـ وعضو هيئة التحرير لمجلة بحوث وإدارة الترب الجافة الأمريكية منذ العام ٢٠٠٣م وحتى الآن.
- يشغل منصب رئيس هيئة تحرير المجلة العلمية للجمعية السعودية للعلوم الزراعية منذ عام ١٤٢٣ هـ وحتى الآن.
- عمل سعادته عضواً ومقرراً للجنة الدراسات العليا وممثل الكلية في عمادة الدراسات العليا منذ ١٤٢١ هـ وحتى ١٤٢٣ هـ.
- شارك وحاضر بالعديد من اللقاءات العلمية الدولية والعربية والمحلية.
- لسعادته أكثر من ٦٥ بحثاً علمياً منشوراً في المجلات العالمية والعربية والمحلية وكذلك ساهم في مناقشة وتحكيم والإشراف على العديد من رسائل الماجستير.
- رئيس الفريق البحثي لبعض المشروعات الممولة من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية والحصول على جوائز المدينة للبحث العلمي الذهبي والفضي.
- ألف كتابين عن جودة مياه الري طرق تحليلها (١٤٣١هـ) والاحتياجات المائية للمحاصيل (١٤٢٩هـ).



دكتور محمد إبراهيم الوايل

- أستاذ مشارك بقسم علوم التربة- كلية علوم الأغذية والزراعة
- حصل على درجة البكالوريوس والماجستير في علوم التربة من جامعة الملك سعود ١٤١٦هـ.
- حصل على الدكتوراه في علوم التربة من جامعة ولاية كولورادو الحكومية. الولايات المتحدة الأمريكية عام ١٤٢٢هـ.
- باحث في معهد بحوث الموارد الطبيعية والبيئة -مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية من ١٤١٢-١٤٢٤هـ.
- شغل منصب رئيس قسم علوم التربة من عام ١٤٢٩- حتى الآن.
- عضو مجلس برنامج ماجستير العلوم في العلوم البيئية من ١٤٢٦- حتى الآن.
- المشرف على إدارة الإحصاء والمعلومات- جامعة الملك سعود ١٤٢٦- ١٤٢١هـ.
- عضو هيئة تحرير المجلة العلمية للجمعية السعودية للعلوم الزراعية منذ عام ١٤٢٧ هـ وحتى الآن.
- عضو فريق الاعتماد الأكاديمي لجامعة الملك سعود.
- عضو فريق المملكة في قمة الأرض لمفاوضات التنمية المستدامة - جوهانسبرغ- جنوب افريقيا ٢٠٠٢م
- شارك وحاضر بالعديد من اللقاءات العلمية الدولية والعربية والمحلية.
- لسعاداته أكثر من ٢٠ بحثاً علمياً منشوراً في المجلات العالمية والعربية والمحلية وكذلك ساهم في مناقشة وتحكيم والأشرف على العديد من رسائل الماجستير والدكتوراه
- عضو الفريق البحثي لبعض المشروعات الممولة من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية و الحصول على جوائز المدينة للبحث العلمي الذهبي والفضي.
- الباحث الرئيس بمشروعين عن المياه الرمادية وله عدة ابحاث وكتيبات عن المياه الرمادية .
- عمل في كثير من اللجان داخل الكلية و داخل الجامعة ولجان خارج الجامعة.

مقدمة

في عصرنا الحاضر ازدادت أهمية المياه إلى الدرجة التي أصبحت فيها المياه قضية المستقبل القريب والبعيد في منطقة الشرق الأوسط بصفة عامة والمنطقة العربية بصفة خاصة وذلك لأنها تعد ضمن المناطق الجافة وشبه الجافة. حيث بدأت المملكة العربية السعودية في طرق كل الأبواب لتوفير مياه الشرب النقية لمواطنيها وكذلك المياه اللازمة للزراعة والصناعة والأنشطة البشرية الأخرى، ورغم ذلك فلا زالت الحاجة ماسة وشديدة إلى إيجاد طرق حديثة واستنباط وسائل جديدة توفر المزيد من المياه الصالحة للاستخدامات اليومية المختلفة، ولتقابلة الطلب المتزايد عليها يوماً بعد يوم.

من هذا المنطلق انتشرت ممارسة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة انتشاراً واسعاً في أنحاء دول العالم ومنها المملكة العربية السعودية، وذلك لأنها تعتبر (مياه الصرف المعالجة) أحد مصادر المياه الغير التقليدية. حيث أنشئت العديد من محطات معالجة مياه الصرف الصحي في المدن الرئيسية في المملكة، وتم استخدام جزء من هذه المياه في أغراض الري الزراعي والحدائق العامة والمسطحات الخضراء، وغيرها من الاستخدامات الأخرى.

هناك أنواع كثيرة من المياه داخل المنزل والمنشآت المدنية منها المياه العذبة والمياه السوداء والمياه الرمادية ومياه الصرف الصحي، من هذه الأنواع ما يستخدم منها مباشرة وهي المياه العذبة وهناك مياه تحتاج إلى معالجة متقدمة لتصبح قابلة لإعادة الاستخدام بينما نجد أن تكاليف معالجة المياه الرمادية أقل بكثير من تكاليف معالجة المياه السوداء، وبالتالي فإن تلك النوعية من المياه يمكن إعادة استخدامها بطريقة اقتصادية لتحل محل المياه العذبة التي تستخدم في صناديق الطرد (التواليت) أو الري (بعد معرفة خواصها وفرض بعض القيود (حال ثبوت تلوثها). إن إعادة استخدام المياه الرمادية في كثير من البلدان أخذت بالازدياد وقد قامت السلطات المختصة في العديد من هذه البلدان بدراسة الوسائل الفنية التي توفر حلولاً آمنة لإعادة استخدام المياه الرمادية. وفي المملكة العربية السعودية هناك كميات كبيرة من المياه تستهلك في المساجد لعملية الوضوء فقط ولو تم استغلال هذه المياه بعد التعامل معها بأسلوب مأمون في تغطية بعض النشاطات المستهلكة للمياه في المساجد مثل صناديق الطرد أو غسيل دورات المياه أو ري الحدائق والمسطحات الخضراء المحيطة بالجوامع لأمكن توفير أعلى في استهلاك المياه العذبة.

١. الأهداف

تهدف هذه النشرة إلى:

١. التعريف بماهية المياه الرمادية ومالها وما عليها.
٢. التعرف على الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للمياه الرمادية الناتجة عن الوضوء ومدى صلاحيتها لري الحدائق والمساحات الخضراء .
٣. التعرف على كيفية معالجة المياه الرمادية الناتجة عن الوضوء باستخدام نظام مبسط مقترح للمعالجة.
٤. التعرف على خواص المياه الرمادية قبل وبعد المعالجة بهدف تقييم كفاءة النظام المستخدم في المعالجة وتحديد الاستغلال الأمثل لتلك النوعية من المياه.

٢- ماهية المياه الرمادية:

تحت ظروف المملكة العربية السعودية فإن كمية مياه الشرب التي تضيع في شبكات المياه العامة بالمملكة تتجاوز ٥,٨ مليون متر مكعب يومياً تمثل مياه البحر المحلاة ما نسبته ٤٧٪، يستهلك منها ما نسبته ١٠٪ و ٩٠٪ ويتم تصريفها إما على الصرف التقليدي (خزانات ترشيح وصرف سطحي) ٦٠٪ أو على أنظمة الصرف الصحي الموجودة بالمدن والتجمعات البشرية والتي تغطي فقط ٤٠٪، ولا نجد إلا ما نسبته ٧٪ من المياه يتم إعادة استخدامها (حجره، ٥١٤٢٣).

في المملكة العربية السعودية نجد ان الدراسات تظهر ان قاطني المنازل يستهلكون ٢٦٪ من المياه العذبة في شطف المراحيض بينما ٥٪ في استخدامات أخرى مثل غسيل الأتية أو سقيا الحدائق المنزلية (شكل رقم ١) (وزارة الكهرباء والمياه-١٤٢٩هـ)، هذه الكمية من المياه يمكن توفيرها عن طريق إعادة استخدام المياه الخارجة من مياه الاستحمام وحفريات غسيل اليدين وبهذا نقلص استخدام المنازل بنسبة ٢١٪ على الأقل .

بصفة عامة هناك ثلاث أنواع من المياه داخل المنشآت المدنية منها المياه الرمادية (GreyWater or Graywater) التي يظهر من إسمها أنها غائمة وليست قاتمة ، ومياه الشرب العذبة (Fresh Potable Water) والتي تعرف باسم المياه البيضاء ، واخيراً مياه الصرف الصحي التي تعرف بإسم المياه السوداء (Blackwater) ، بينما هناك ثلاث أنواع لمياه الصرف الصحي هي المياه الرمادية وهي ناتج المياه المنزلية المستخدمة عدا مياه المراحيض وبالتحديد مياه المغاسل ومياه الاستحمام وغسيل الملابس، والمياه السوداء



Black Water وهي المياه الناتجة عن المراحيض والتي تحتوي على كميات كبيرة من المواد العضوية الناتجة من الفضلات الأدمية.، ومياه الصرف الصحي Sewage Water وهي مزيج من المياه الرمادية والسوداء هذا الماء يحتوي على كثيراً من الشوائب العضوية واللعضوية (معدنية) ، أي أنه ماء تختلط معه أحياء دقيقة وشوائب كيميائية. وبمعالجة هذه المياه نحصل على ما نطلق عليه مياه الصرف الصحي المعالجة (جدول ١).

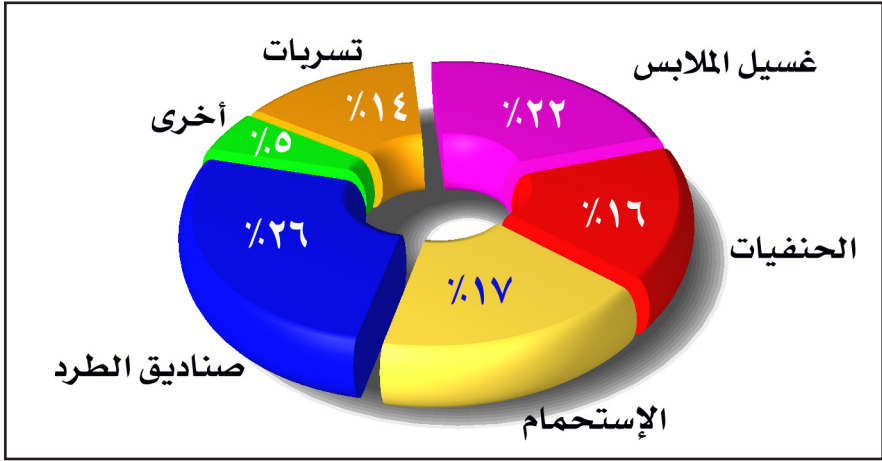
تعرف المياه الرمادية بأنها تشمل المخلفات السائلة المنزلية أو العامة وليست الصناعية والتي مصادرها غرف الاستحمام ومغاسل اليدين وغرف غسيل الملابس وأماكن الوضوء ومياه الأمطار المتجمعة والصرف من الري الزراعي في الحدائق المنزلية باستثناء مغاسل المطابخ.، بينما تعرف المخلفات السائلة الخارجة من المراحيض ومغاسل المطابخ بالمياه السوداء وهي بطبيعتها تحتوي على العديد من الفيروسات والبكتيريا والطحالب وتراكيز عالية من المخلفات العضوية والمواد الكيميائية. وبالرغم من أن هذه المياه لم تعد نظيفة إلا أن نسبة تلوثها تكون أقل بكثير (خاصة المستخدمة منها في الوضوء) من نسبة تلوث مياه المراحيض. ومن الممكن معالجة تلك المياه بسهولة نسبية وفي نفس موقع إنتاجها، ومن ثم إعادة استخدامها في بعض المجالات مثل غسل المراحيض وري الحدائق. كذلك يمكن إعادة استخدام المياه الرمادية التي تنتج عن أبنية غير سكنية مثل المطاعم والفنادق والمدارس وغيرها من المباني العامة. ويمكن من خلال اعتراض المياه الرمادية قبل وصولها إلى الحفرة الامتصاصية أو نظام الصرف الصحي والقيام ببعض المعالجة لها وفي بعض الحالات يمكن إعادة استخدامها في ري النباتات بالقليل من المعالجة الإضافية. ويُعاد استخدام المياه الرمادية على نطاق واسع في بلدان مختلفة تعاني من شح في مصادر المياه. وإعادة استخدام المياه الرمادية في هذه البلدان أخذت بالازدياد سواء كانت إعادة الاستخدام هذه قانونية أم لا. وقد قامت السلطات المختصة في العديد من هذه البلدان بدراسة الوسائل الفنية التي توفر حلولاً آمنة لإعادة استخدام المياه الرمادية. وعلى سبيل المثال فإن سياسة المياه العادمة في بعض دول العالم تعد المياه العادمة مورداً مائياً وليس مصدر نفايات.



جدول (١) أقسام وتعريفات المياه

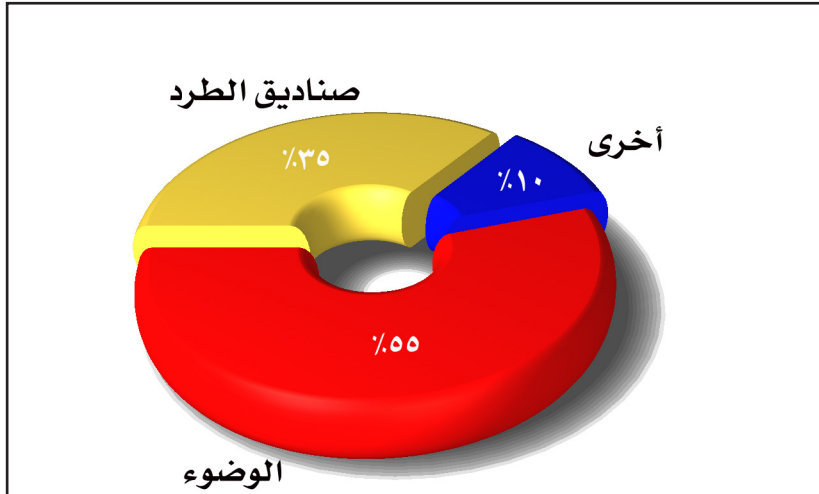
م	نوع الماء	ماهيته
١	المياه المتاحة	هي كمية المياه السطحية أو الجوفية أو الاليتين معا التي يتيسر الحصول عليها
٢	المياه المالحة	المياه التي تحتوي على كميات كبيرة من الأملاح المذابة مثل الصوديوم، كتلك التي توجد في محيطات العالم والبحار أو الموجودة على سطح الأرض ومنها ما يعرف بالماء الهماج محلياً
٣	المياه العذبة	مياه لا تحتوي على مستويات كبيرة من المواد المعدنية المذابة أو الملح، كمياه الينابيع والأنهار
٤	المياه المحلاة	هي المياه التي تم نزع الأملاح منها لكي تصبح مياه نقية صالحة للاستخدام في الأغراض المدنية أو المزرعية أو الصناعية ومنها مياه البحر المحلاة والآبار المحلاة
٥	المياه السطحية	كل المياه العذبة والمالحة التي تتلامس مباشرة مع الغلاف الغازي كالمحيطات والبحيرات والأنهار
٦	المياه الجوفية	هي المياه المتسربة إلى داخل الطبقات تحت السطحية أو الجوفية العميقة في الأرض من المطر أو مياه الأنهار أو البحيرات أو الثلوج
٧	مياه الصرف الزراعي	هي المياه التي يتم صرفها من الترب الزراعية لتفادي مشكلة ارتفاع مستوى الماء الأرضي أو لحل مشكلة الملوحة وغالباً ما تكون محملة بالأملاح وذات مواد مختلفة ناتجة عن استخدامات الأسمدة والمبيدات الحشرية
٨	مياه الصرف الصحي	مخلفات المياه الناتجة عن الاستخدامات المنزلية والمرافق العامة
٩	المياه الرمادية	هي ناتج المياه المستخدمة داخل المنشآت المدنية ماعدا مياه المراحيض ومغاسل الصحون وهي بالتحديد مياه المغاسل، مياه الاستحمام، مياه غسل الملابس، وغيرها
١٠	المياه السوداء	هي المياه الناتجة من استخدام المراحيض التي تحتوي على كميات كبيرة من الملوثات العضوية الناتجة من الفضلات الأدمية
١١	المياه الملوثة	هي المياه التي يوجد بها عنصر أو مركب أو أكثر يجعلها ضارة الاستخدام لكل من الإنسان أو الحيوان أو النبات أو كائن حي
١٢	المياه المعالجة	هي المياه الناتجة من معالجة مياه ملوثة أو غير نقية لتصبح مياه أكثر أماناً أو قابلة لإعادة الاستخدام وهذا يتم عن طريق مجموعة من العمليات الطبيعية والكيميائية والحيوية التي يتم فيها إزالة المواد الصلبة والعضوية والكائنات الدقيقة والمرضات أو تقليلها إلى درجة مقبولة





شكل رقم (١) : استخدامات المياه في المنازل (وزارة الكهرباء والمياه-١٤٢٩هـ)

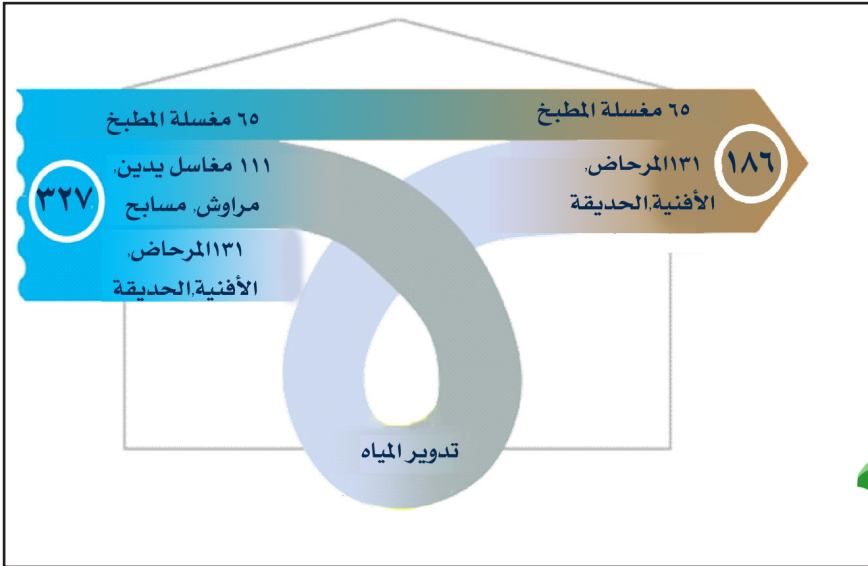
يقدر استهلاكك مسجد يؤمه ١٠٠ مصلي قد أتموا وضوئهم في مرافق المسجد بما يعادل ٨ م^٣ يومياً وفي دراسة قام بها (الربيعان والفارس، ١٤٢٢هـ) عن تقرير أداء السخانات الشمسية لتسخين المياه في المساجد تم تقدير كمية المياه الساخنة التي استهلكت في فترة الدراسة ووجد أن كمية الماء الحار فقط تصل إلى ٣٥ م^٣/يوم. ونجد أن أغلب الكمية المستهلكة من المياه العذبة تستخدم للوضوء (شكل رقم ٢) .



شكل رقم (٢) : استخدامات المياه العذبة في المساجد (الوايل وآخرون-١٤٣١هـ)

مما سبق يتضح أن هناك كميات كبيرة من المياه تستهلك في المساجد لعملية الوضوء فقط ناهيك عن الاستخدامات الأخرى كغسيل دورات المياه و الساحات والري ولو تم استغلال هذه المياه بعد التعامل معها بأسلوب مأمون في تعطية بعض النشاطات المستهلكة للمياه في المساجد مثل شطف المراحيض أو غسيل دورات المياه أو الري أو استعمالها في تبريد غرف التكييف المركزي لرفع كفاءة التبريد وتقليل استهلاك الطاقة الكهربائية لكان هناك توفير أعلى في استهلاك المياه العذبة.

ومن ناحية أخرى فإن إنتاج الفرد من المياه الرمادية يعتمد على سلوكياته في حياته الخاصة ولكن كمية المياه التي تدخل ضمن تصنيف المياه الرمادية تمثل عادة ما نسبته ٦٠-٧٥٪ من الماء المنصرف الذي لو تم التعامل معه بشكل مأمون لأصبح مصدر جيد للقيام بتعطية بعض أشكال الاستهلاك الأخرى للماء العذب ككري الحدائق وهذا له فوائد كثيرة منها تقليل استخدام الماء العذب العام وعدم استخدامه لهذه الفعالية وتقليل الضغط على عمل محطات الصرف الصحي أو تقليل كمية المياه الخارجة من خزانات الترشيح (البيارات). ويمكن تطبيق ذلك في أماكن لا تتوفر بها معالجة للصرف الصحي توفيراً للطاقة والمواد الكيميائية المستخدمة في المعالجة فلو أخذنا على سبيل المثال استهلاك الفرد اليومي في مدينة الرياض لعام ١٤٣٠ هـ وهو ٣٢٧ لتر فنجد أننا بتطبيق إعادة الاستخدام لبعض نوعيات المياه سيكون الكمية المستهلكة تنخفض ل ١٨٩ لتر مع بقاء نفس الأسلوب الحياتي في الاستخدام (شكل ٣)



شكل رقم (٣): استهلاك المياه داخل المنازل قبل وبعد تطبيق نظام إعادة استخدام المياه

تختلف خصائص المياه الرمادية باختلاف مصدرها وكذلك يختلف تقييمنا لها بحسب استخدامها.

جدول رقم (٢) مكونات ومصادر المياه الرمادية.

المكونات	المصدر
يغلب وجود الكلور وبعض المواد العضوية وكيميائيات مقاومة الطحالب	بركه سباحة
بكتيريا ، مواد عضوية ، زيوت ودهون ، جزيئات صلبة ، معاجين الأسنان ، الصابون ومواد التنظيف وتكون في بعض الأحيان ذات حرارة عالية	مغسلة اليدين
بكتيريا ، شعر ، مواد عضوية ، مواد صلبة ، بقايا الصابون ، حرارة عالية	حوض الاستحمام أو الدش
مواد صلبة ، زيوت وشحوم ودهون ، مواد تبييض ، نسبة عالية من مركبات الصوديوم والنيترات والفوسفات الناتجة عن المنظفات ، نسبة عالية من الملح والقلوية	غسالة ملابس

٣- التجارب العالمية في استخدام المياه الرمادية

في بعض بلدان العالم المتقدمة أصبح إعادة استخدام المياه الرمادية تطبيق له اعتباراته ومقاييسه ففي أستراليا أقيمت دراسات لمعرفة مدى اقتصادية الاستفادة من المياه الرمادية حيث تبين أن إعادة الاستخدام ستوفر بشكل ملحوظ كميات كبيرة من المياه (Jeppesen and Solley, 1994; Anda and et. al., 1997). أما الدراسات التي تمت في الولايات المتحدة الأمريكية فقطعت شوطاً كبيراً في إعادة استخدام هذه المياه بل وقامت ببعض الضوابط والنظم لإعادة الاستخدام ففي مدينة سانتا باربرا بولاية كاليفورنيا قامت بوضع قانون خاص بالمياه الرمادية (Ludwig, 1999) وفي ولاية كاليفورنيا وضعت تشريعات أكثر تعقيداً في استخدام المياه الرمادية حيث استثنيت مياه مغاسل المطابخ وغسالات الصحون وناتج غسل ملابس الأطفال المتسخة بالبراز وذلك لوجود ملوثات عضوية تخرج مع هذه النوعية من المياه الرمادية. وقد أجريت دراسات في أستراليا حول إمكانية استخدام المياه الرمادية في صناديق الطرد (التواليت) قام بها (Diana et al., 1996; Murphy,

(Pinto and Maheshwari, 1990; Mithcell et al., 1994). وفي دراسة حديثة أخرى باستراليا قام بها (Pinto and Maheshwari, 2010) أوضحت إمكانية استخدام المياه الرمادية في الري. وفي أسبانيا تم إعادة استخدام المياه الرمادية في صناديق الطرد (التواليت) في فنادق جزيرة مالوركا (March et al., 2005). ولقد قامت جزيرة قبرص بتشجيع استخدام المياه الرمادية في الفنادق والملاعب (Kambanellas, 1999). وقد قام (Prathapar et al., 2005) بدراسة محددات استخدام المياه الرمادية في سلطنة عمان. وهناك محاولات في المملكة العربية السعودية والأردن عن إعادة استخدام المياه الرمادية في صناديق الطرد (التواليت) (مركز فقيه للأبحاث والتطوير، ١٤١٨هـ ووزارة التخطيط الأردنية، ٢٠٠٣)، أبورزيزة (٢٠٠٢) علما بان الحاجة إلى إعادة استخدامها قد يوفّر أكثر من ٥٠% من المياه الكلية المستخدمة في العمارات و الجوامع الكبيرة.

ولقد تم التوسع في استخدام المياه الرمادية في ري الحدائق المنزلية و المسطحات الخضراء بكثير من دول العالم وخاصة في ولايتي أريزونا وكاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية (Ludwig, 2007) و استراليا (Jeppesen, 1996) وفي الأردن (وزارة التخطيط الأردنية، ٢٠٠٣). حالياً ظهرت تقنيات لإعادة استخدام المياه الرمادية مباشرة وبدون معاملة (شكل ٤) ، إمكانية استخدام المياه الرمادية النظيفة نسبياً بدون إجراء أي معالجة لها حيث يمكن استخدامها مباشرة لري الأشجار ونباتات الزينة ولكن ينصح باستخدام خزان صغير تمر فيه المياه الرمادية قبل وصولها للنباتات، وذلك تقادياً لتجمع المياه على سطح التربة أو انسداد فتحات المنقطعات. كما أوضحت الدراسة أنه يفضل استخدام نظام الري بالتنقيط تحت السطحي عند الري باستخدام مياه رمادية غير معالجة ولا ينصح باستخدامها في ري الأراضي المزروعة بالنجيليات إلا في المناطق المخصصة لزراعة نباتات الزينة فقط والتي لا يحدث تلامس للبشر معها (Ludwig, 2007). ومن الدراسات الحديثة في إعادة استخدام المياه الرمادية وجد أن أكثر من ٥٠% من السكان يستخدمون المياه الرمادية بعد المعالجة في ري الحدائق المنزلية باستراليا (Pinto and Maheshwari, 2010).





شكل

رقم (٤)

: نماذج لتقنيات

تستخدم لإعادة استخدام المياه
الرمادية مباشرة

٤- مشروع تطبيقي لإعادة استخدام المياه الرمادية بمدينة الرياض

مدينة الرياض :

تعد الرياض عاصمة المملكة العربية السعودية ومركز الحكم والإدارة، وفيها مقر الديوان الملكي ومجلس الوزراء، ومجلس الشورى، ومقرًا للهيئات، والمصالح، والدوائر والمؤسسات الحكومية، والسفارات، والبعثات الدبلوماسية، وبها الكثير من مقار الشركات، والمؤسسات العالمية بالمملكة.

وتقع الرياض في وسط المملكة العربية السعودية وهي ثاني أكبر مدن المملكة بعد مكة المكرمة من حيث عدد السكان حيث يبلغ عدد سكانها أكثر من ستة ملايين وثلاثمائة نسمة، كما إنها من أكثر مدن العالم نمواً وازدهاراً حيث تضم أكثر من ٧٥ حياً سكنياً وأكثر من ثلاثة مدن صناعية و تتوسع بأطراد.

وتتربط الرياض مع سائر أنحاء المملكة بشبكة من الطرق البرية السريعة ومنها إلى الأقطار العربية المجاورة، وبالرياض شبكة من الطرق الحديثة التي تربط الأحياء السكنية والمدن الصناعية ببعضها من أهمها؛ الطريق الدائري وطريق الملك فهد وطريق مكة.

وتجمع الرياض بين العراقة والعصرية حيث يوجد بها العديد من المعالم الأثرية والمتاحف التاريخية من أهمها؛ قصر المصمك، وقصر المربع، وبوابة الناصرية، والمتحف الأثري، ومتحف التراث الشعبي، وقاعة الملك عبدالعزيز، وأيضاً المعالم الحديثة ومنها؛ قصر الحكم، وجامعة الملك سعود، وجامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية وجامعة الأميرة نورة والجامعات الأهلية والكليات الأهلية والعسكرية، ومطار الملك خالد، وبرج مياه الرياض، ومجمع الإذاعة والتلفزيون، ومجمع الملك فيصل الخيري، ومبنى المملكة، وقصر طويق، والمهرجان الوطني للتراث والثقافة، كما توجد في الرياض العديد من الفنادق الراقية والحدائق والمنتزهات، والمراكز الترفيهية.

بالنظر الى الجدول رقم (٣) نجد ان مدينة الرياض تحتل نصيب الأسد من مجموع كميات المياه الموفرة للشرب وهي تستهلك ما مقداره ٢٦,٥ ٪ من كمية المياه المتوفرة للشرب بالمملكة، هذا كله يفيد ان أي مبادرة لحفظ أي كمية من المياه العذبة ستكون ذات أثر مهم.

جدول رقم (٣) معلومات المياه عن منطقة الرياض ومدينة الرياض

معلومات المياه لمنطقة الرياض

كمية استهلاك المناطق لمياه الشرب من جميع المصادر

معدل الاستهلاك (لتر/يوم)	عدد السكان	النسبة المستهلكة من المجموع (%)	الكمية (م ^٣)
٢٨٩	٦,٣٠٣,٩٨١	٣١,٤	٦٦٥,٩٦٦,٧٤٣

الكمية الموزعة من المياه لكل منطقة

سقيا (م ^٣) الإجمالي	سقيا (م ^٣)	مياه جوفية (م ^٣)	مياه محلاة (م ^٣)
٦٧٢,٠٩٧,٨٠٢	٢,١٥٧,٤٢٨	٣٥٩,١٥٥,١١٨	٣١٠,٧٨٥,٢٥٦

كمية المياه الجوفية المنتجة خلال ثلاث سنوات بالمتر المكعب

٢٠٠٩	٢٠٠٨	٢٠٠٧
٣٨٣,٩٣٥,٥٥٦	٣٦٧,٥٨٢,٩٩٠	٢٣٣,٣٣٤,٨٠٢

إجمالي الكمية الموزعة من المياه المنتجة (تحلية / جوفية) خلال ثلاث سنوات بالمتر المكعب

٢٠٠٩	٢٠٠٨	٢٠٠٧
٦٧٢,٠٩٧,٨٠٢	٦٣٠,٧٨٨,٨١٥	٦١٩,٠٥٧,٥٦٩

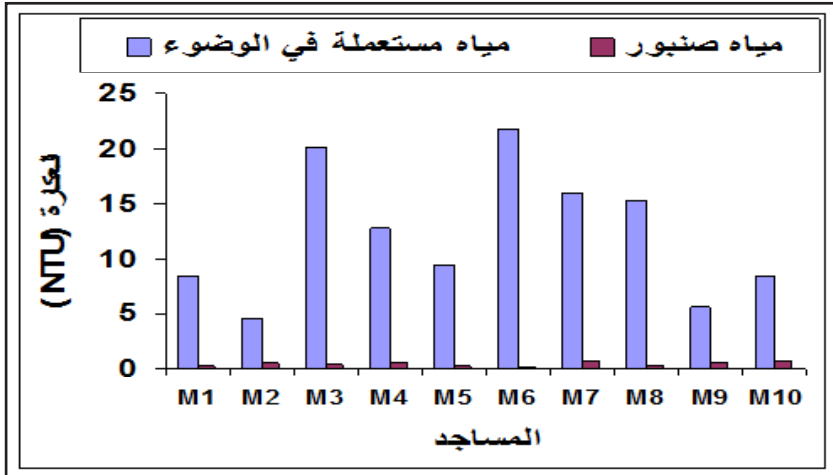
معلومات المياه لمدينة الرياض

الكمية الموزعة من المياه المنتجة لمدينة الرياض من جميع المصادر

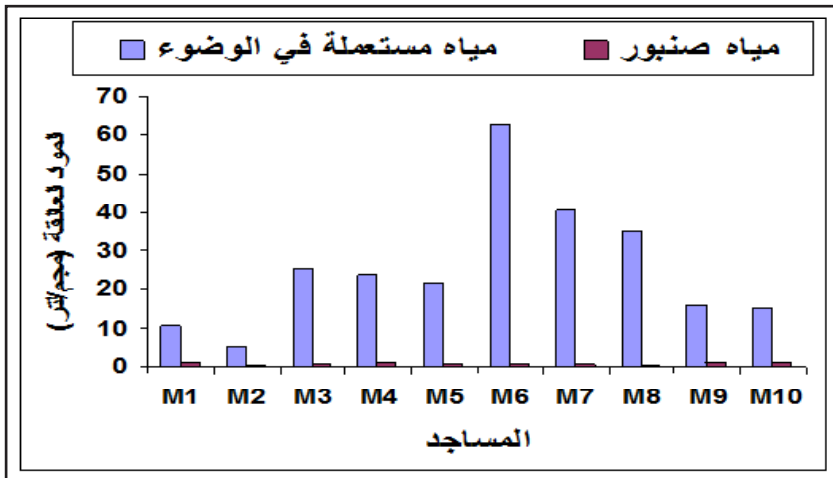
معدل الإستهلاك (لتر/يوم)	التعداد السكاني	الكمية
٣٢٧,٠٢	٤,٧٢١,٩٤٠	٥٦٣,٦١٨,٤٨٦

بالربط بين معلومات المياه والمعلومات في الشكل رقم (٢) نجد أن الغالبية العظمى لمياه المساجد تستهلك في الوضوء ولذا أجريت دراسة في منطقة الرياض قام بها (الوابل وآخرون ٢٠١١ م) لدراسة نوعية وصفات المياه الناتجة عن الوضوء تم في هذه الدراسة أخذ عينات مياه (من مياه الصنبور و من المياه الناتجة عن في الوضوء) من ١٠ مساجد خلال أوقات مختلفة للصلاة (الظهر ، العصر ، المغرب ، والعشاء). وقد شملت القياسات، قياس كمية مياه الوضوء وفترة القياس وعدد المتوضئين وقياس تركيز الأملاح EC_w وقياس درجة حموضة المياه (pH) طبقاً لـ (Richards, 1954) وتركيز الكاتيونات الذائبة (البوتاسيوم، الصوديوم، الكالسيوم، المغنيسيوم و الأمونيا) وكذلك الانيونات (الكبريتات و النترات، و الكلوريدات الكربونات و البيكربونات) طبقاً (Rainwater and Thatcher, 1979; Page et al., 1982). كما تم قياس تركيز العناصر الثقيلة في عينات المياه باستخدام جهاز (ICP Perkin - Elmer, Model 4300 DV). لقد تم حساب نسبة الصوديوم المدمص (SAR) و المعدل (adj SAR) ونسبة الصوديوم الذائب (SSP) ونسبة الصوديوم المتبادل (ESP) وكربونات الصوديوم المتبقية (RSC).

ومن نتائج هذه الدراسة تبين أن كل من درجة العكارة ونسبة المواد العالقة (شكل ١٥، ب) بمياه الصنبور ((B كانتا في حدود المسموح به للاستخدامات الزراعية في الري سواء كان هذا الري سطحياً أو من خلال شبكات الري المطورة ، إلا أن تلك القيم قد زادت نسبياً في المياه الناتجة عن الوضوء وقد تفاوتت نسبة الزيادة في كلا المعيارين باختلاف رواد المسجد، حيث بلغت تلك القيم أقصاها في المسجد رقم (٦) على الرغم من كونه مسجد صغير. وحسب مواصفات وزارة المياه والكهرباء (١٤٢٩ هـ) والمواصفات الدولية لمياه الري فإنه يمكن الاستفادة من هذه المياه في الري حيث أن أقصى مستويات التلوث في الري المقيد بالنسبة لدرجة العكارة هي ٥ وحدات عكارة والمواد الصلبة العالقة يجب ألا تزيد عن ١٠ ملجم لتر-١ وأن أقصى مستويات التلوث للمواد الصلبة العالقة يجب ألا تزيد عن ٤٠ ملجم لتر-١ في الري الغير مقيد، ويكون هذا الأثر أكبر وضوحاً عند استخدام أجهزة الري الحديثة مثل الرش والتقيط حيث تقوم المواد العالقة (كالتي قد تتواجد بالمياه الناتجة عن الوضوء) بسد فتحات الرشاشات بالإضافة إلى أثرها على خواص التربة الفيزيائية مثل تأثيرها على نفاذية التربة. وفي حالة إتباع نظم الري المطور فليس هناك تخوف من احتمالات انسداد النقاطات خصوصاً عند إزالة المواد العالقة المتواجدة بتلك المياه عن طريق استخدام بعض الفلاتر الرملية ذات التكلفة البسيطة.



شكل رقم (١٥) العكارة بالمياه الناتجة عن الوضوء (الوابل وآخرون-١٤٣١هـ)

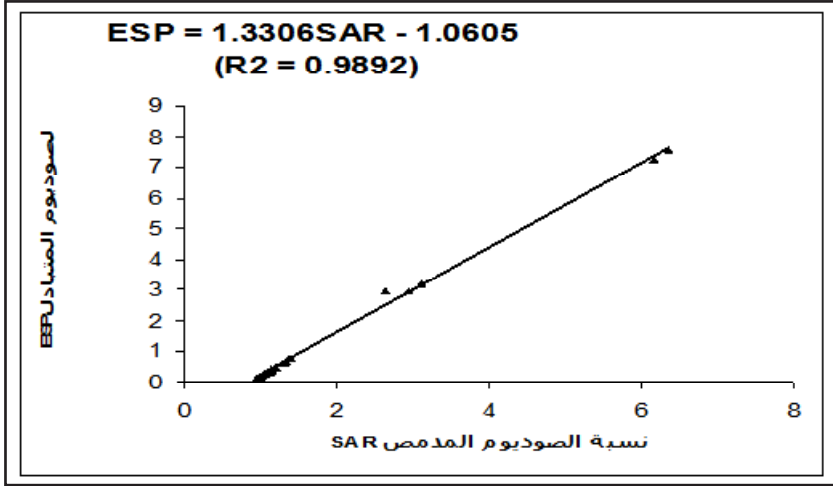


شكل رقم (٥ ب) المواد العالقة بالمياه الناتجة عن الوضوء (الوابل وآخرون-١٤٣١هـ).

ومن ناحية أخرى تشير النتائج المدونة في الجدول رقم (٤) إلى ارتفاع قيم ملوحة المياه والمعبّر عنها بدرجة التوصيل الكهربائي EC_w ارتفاعاً طفيفاً في المياه الناتجة عن الوضوء والتي يرمز إليها بالرمز (A) بالمقارنة بالكنترول (B ماء الصنبور) حيث تراوحت تلك القيم ما بين ٠,٥٢ ديسيمنز م^{-١} (في المسجد رقم ٤) و ٣,٧٤ ديسيمنز م^{-١} (في

المسجد رقم ٧). و تلك القيم في مجملها يجعل استخدام تلك المياه مأمون لري النباتات المقاومة والمتوسطة المقاومة للملوحة والحساسية للملوحة (باستثناء المسجد رقم ٧). ومن ناحية أخرى فليس هناك تخوف من حدوث إجهاد ملحي للنباتات التي ستروى بها باستثناء المسجد المشار إليه (رقم ٧). وجدير بالذكر أن ارتفاع قيم ملوحة المياه الناتجة عن الوضوء في بعض العينات المأخوذة من بعض المساجد مثل المسجد رقم (٧) قد يرجع إلى استخدام مياه صنوبر مرتفعة بالأصل في قيم ملوحتها حيث بلغت ٣,٧٤ ديسيسيمنز م^{-١} ، الأمر الذي يؤكد أن مصدر مياه الوضوء به من بئر خاص بالمسجد وليس من مياه الشبكة العامة. وبالنظر إلى قيم حموضة تلك المياه والمعبر عنها بأرقام الـ pH في عينات المياه الناتجة عن الوضوء (A) نجد أنها لم تتجاوز قيم حموضة مياه الصنوبر (B) في كل مسجد سوى بقيم طفيفة وغير مؤثرة على مدى صلاحية استخدام تلك المياه للأغراض الزراعية (حيث أن قيم الـ pH المسموح بها في مياه الري تتراوح ما بين ٦,٥ - ٨,٥). وبالنظر إلى قيم (SARadj)، (SAR) وكذلك قيم القلوية والـ (ESP)، (RSC) فإن النتائج المدونة في الجداول رقم (٦,٥,٤) تشير إلى ارتفاع قيم (adj SAR) حيث بلغت حوالي ضعف القيم المتحصل عليها من (SAR). وقد توصل بعض الباحثين في مجال نوعية مياه الري (ال عمران وآخرون، ٢٠٠٥م). (Oster and Rhoades, 1977; Oster and Schroer, 1979) إلى أن استعمال معادلة ادمصاص الصوديوم المعدلة (adj SAR تعطي قيما مبالغ فيها عن خطورة الصوديوم في مياه الري، لذلك ينصح بعدم الاعتماد على النتائج المتحصل عليها من هذه المعادلة. واعتماداً على قيم الـ (SAR) و (adj SAR) فإن مياه الوضوء في منطقة الرياض لا تسبب زيادة ملحوظة في النسبة المئوية للصوديوم المتبادل في التربة وفقاً لتصنيف مياه الري المقترح من قبل منظمة الأغذية والزراعة (Ayers and Westcot, 1985). أما بخصوص النسبة المئوية للصوديوم المتبادل (ESP) المتوقعة بالتربة نتيجة لاستخدام مياه الري فقد تم حسابها باستخدام قيم SAR حيث تراوحت قيم الـ (ESP) المحسوبة بين ٢,٩٨ - ٧,٥٢ وكانت ضمن الحدود المسموح بها في مياه الري وجميعها يقل كثيراً عن الحد الحرج (١٥ %) والمقترح من معمل الملوحة الأمريكي (Richards, 1954). وقد أشارت النتائج إلى قوة التلازم ($r^2 = 0.9892$) بين الـ (ESP وقيم الـ SAR) (شكل رقم ٦).





شكل رقم (٦) العلاقة بين نسبة الصوديوم المتبادل ونسبة الصوديوم المدمص في المياه الناتجة عن الوضوء (الوابل وآخرين-١٤٣١هـ).

وقد توصل الباحثون إلى أن المياه الرمادية (الناتجة عن الوضوء) صالحة للاستخدام الزراعي حيث أن جميع القيم بالجدول رقم (٤، ٥، ٦) تقع ضمن الحدود المسموح بها في مياه الري وليس هناك تخوف من استخدام تلك المياه في الري بالترب الرملية وأيضاً ليس هناك تخوف من تحول الترب التي ستروي بتلك المياه من تحولها إلى القلوية حيث أن الأملاح المتواجدة بها على صورة أملاح كلوريدات وكبريتات يسهل غسلها من قطاع التربة بالإضافة إلى أن تركيز كاتيونات الكالسيوم و المغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم (جدول ٤) وكذلك تركيز أنيونات الكلوريدات والكبريتات (جدول ٥) في عينات المياه الناتجة عن الوضوء نجد أنها أيضاً لم تتجاوز قيم نظيراتها في مياه الصنابير المستخدمة في الوضوء سوى بقيم طفيفة في بعض الأحيان (جدول رقم ٤، ٥، ٦) وغير مؤثرة على مدى صلاحية استخدام تلك المياه للأغراض الزراعية. وهذا يعني صلاحية هذه المياه لري النباتات المقاومة والحساسة ومتوسطة الحساسية للملوحة باستثناء مياه المسجد رقم (٧) (ذلك نظراً لارتفاع ملوحة مياه الصنبور المستخدم للوضوء في هذا المسجد) وهذا يؤكد أن المسجد المشار إليه يعتمد على مياه بئر مالح خاص بالمسجد وليس على مياه الشبكة العامة. وعلى الرغم من احتواء المياه الناتجة عن الوضوء على أيونات الكلوريدات والكبريتات (جدول رقم ٥) إلا أنها مازالت في نطاق الحدود المسموح بها في الري الغير مقيد مما يدعم صلاحية استخدام تلك المياه في الري.

جدول رقم (٤) تركيز الكاتيونات (ملجم / لتر) للمياه الناتجة عن الوضوء (A) بالمقارنة بمياه الصنبور (B). (الوالب وآخرون-١٤٣١هـ).

NH ₄ ⁺ - N		K ⁺		Na ⁺		Mg ⁺⁺		Ca ⁺⁺		المسجد
B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	
nil	٠,٣٤	١٢,٤	١٢,٨	٨٥	٨٥,٥	٩,٧٦	١٢,٩	٤٠,٤	٤٢,٤	M 1
nil	٠,٤٢	٢,٠٢	٧,٩٥	٢٩,٦٥	٣٧,٩٥	١١,٢٢	١١,٧١	٤١,٢	٤٢	M 2
nil	٠,٤١	١,٨٥	٥,٤٤	٣٠,٤٥	٣٩,٢	١١,٩٦	١١,٧١	٤٧,٦	٥٠	M 3
nil	٠,٥٣	١,٧٧	٦,١١	٢٦,٦	٣٢,٤	١١,٩٦	١٠,٩٨	٣٩,٢	٤٣,٦	M 4
nil	٠,٧	١,٦٢	٧,٢٢	٢٧,٧	٣٤,٨	١٠,٩٨	١٢,٦٩	٤٠,٤	٤٣,٢	M 5
nil	٠,٢٦	٢,٠٣	٥,١٧	٣٠,٤	٣٣,١	١١,٤٧	١٢,٦٩	٤٠,٨	٤٢,٤	M 6
nil	٠,٩٨	٢١,٣	٢٥,٨	٤٤٥	٤٦٢	٣٣,٦٧	٩,٥١	٣٣٧,٢	٣٨١,٦	M 7
nil	٠,٦٢	٢	٤,٧١	٣٧,٢	٤٤,٣	٢١,٧٢	٢٥,١٣	٤٤,٤	٤٥,٦	M 8
nil	٠,١٢	١,٨٦	٧,٨	٣٦,٦	٤٥,٨	١٦,٣٥	١٦,٨٤	٥٦	٥٦,٤	M 9
nil	٠,١٣	١,٨٣	٦,١٢	٣٧,٦	٤٦,٢	١٤,٦٤	١٤,١٥	٥٦,٤	٥٨,٤	M 10

جدول رقم (٥) تركيز الانيونات (ملجم / لتر) بالمياه الناتجة عن الوضوء (A) بالمقارنة بمياه الصنبور (B). (الوالب وآخرون-١٤٣١هـ).

NO ₃ ⁻ - N		HCO ₃ ⁻		CO ₃ ⁻²		Cl ⁻		SO ₄ ⁻²		المسجد
B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	
nil	nil	٣	٣	٢	٢	١٣٧,٥	١٣٧,٥	١٥٩,٩	١٦١,١	M 1
nil	nil	٢	٢	٠	٠	٧٦,٦	٧٦,٦	١٠٧,٥	١١٦,٤	M 2
nil	nil	٢	٢	٠	٠	٨٠,٩	٨٠,٩	١١٣,٦	١٢٠,٨	M 3
nil	nil	٢	٢	٢	٢	٧٢,٠٨	٧٢,٠٨	٩٥,٣	١٠٤,٩	M 4
nil	nil	٣	٣	٠	٠	٧٤,٢	٧٤,٢	٩٩,٥	٩٩,٤	M 5
nil	nil	٢	٢	٠	٠	٧٢,٦	٧٢,٦	٩٨,٧	٩٩,٣	M 6
nil	nil	٢	٢	٠	٠	٤٣٦,٧	٤٣٦,٧	٩٣٦,٤	١٠٣٦,٤	M 7
nil	nil	٢	٢	٠	٠	١٠٣,٤	١٠٣,٤	١٢٤,٤	١٤٩	M 8
nil	nil	٢	٢	٠	٠	٧٦,٨	٧٦,٨	١١٣,٧	١١٥,١	M 9
nil	nil	٢	٢	٠	٠	٨٥	٨٥	١٢١	١٣٣,٤	M 10

جدول رقم (٦) بعض المعايير الكيمائية للمياه الناتجة عن الوضوء (A) بالمقارنة بمياه الصنبور (B). (الوابل وآخرون-١٤٣١هـ).

pH		EC (dS m ⁻¹)		SSP %		SAR		SAR _{adj}		ESP %		Alkalinity (meq l ⁻¹)		RSC (meq l ⁻¹)		المسجد
A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
٧,٨	٧,٩	٠,٨	٠,٧٩	٦٠,٧	٦٢,٩	٢,٩٤	٣,١	٢١	٢٢	٢,٩٨	٣,٢١	٦٥	٦٣,٨	٢,٢٨	٢,١٤	M 1
٧,٥	٧,٧	٠,٥٥	٠,٤٧	٤١,٤	٣٦,١	١,٣٣	١,٥٥	٩	٧	٠,٧	٠,٢٩	٨٩,٨٤	٥٦,٣	٢,١٧	١,٨١	M 2
٧,٧	٧,٧	٠,٥٨	٠,٥٢	٣٨,٨	٣٣,٨	١,٢٩	١,٥٢	٩	٧	٠,٦٤	٠,٢٤	٧٤,٦٨	٦١,٣	١,٥٨	١,٥٠	M 3
٧,٢	٧,٩	٠,٥٢	٠,٤٦	٣٧,٢	٣٤,٢	١,١٣	٠,٩٥	٨	٦	٠,٤١	٠,١٤	٧٢,٩	٦٢,٤	١,٤٨	١,٣٨	M 4
٧,٦	٧,٩	٠,٥٨	٠,٤٦	٣٨,٤	٣٥	١,١٩	٠,٩٩	٨	٧	٠,٤٩	٠,٢	٨٥,٣٤	٥٤,٩	٠,٩١	١,٥٤	M 5
٧,١	٧,٧	٠,٥٢	٠,٤٧	٣٧,٥	٣٦,٨	١,١٤	١,٥٨	٨	٧	٠,٤٢	٠,٣٣	٧٤,٥٦	٦١,٧	٠,٢٢	٠,٥٦	M 6
٧,٤	٧,٢	٣,٧٤	٣,٦٨	٥٤,٢	٥٤,٥	٦,٣٧	٦,١٧	٥٠	٤٩	٧,٥٢	٧,٢٧	٢٤١,٨	nil	٣,١٨	٣-	M 7
٧,٤	٧,٣	٠,٥٥	٠,٥١	٣٨,٥	٣٦	١,٣	١,١٤	٩	٨	٠,٦٥	٠,٤٢	٧١,٥٦	٥٨,٦	١٧,٨	١٧,٦	M 8
٦,٩	٧,٧	٠,٦	٠,٥٤	٣٨,٥	٣٣,٦	١,٣٧	١,١	١٠	٨	٠,٧٦	٠,٣٦	٧٩,١٦	٦٨,٥	٢,٣٧	٢,٥٣	M 9
٧	٧,٨	٠,٥٨	٠,٥٣	٣٨,٩	٣٤,٦	١,٤	١,١٥	١٠	٨	٠,٨	٠,٤٣	٨٠,٣٢	٦٥,٩	٢,٢٢	٢,١٦	M 10

نظرا لما أسفرت عنه نتائج الدراسة السابقة للباحثين (الوابل وآخرون ٢٠١١) قام الباحثون أيضا بتنفيذ وتركيب نظام مبسط لمعالجة المياه الرمادية الناتجة عن الوضوء، وتم تركيب وحدات هذا النظام في جامع عثمان بن عفان - حي الواحة بالرياض والذي تم إنشاؤه حديثاً. والفكرة الأساسية في هذا النظام تكمن في تغيير الأسلوب التقليدي المستخدم لنظام المياه داخل غرف الوضوء وحول المسجد بحيث يتم تجميع أكبر قدر من المياه ذات الجودة الرديئة والتي تحتوي على نسبة بسيطة من المخلفات الصلبة والتي تتواجد بالمياه الناتجة عن الوضوء وغسيل الأروقة وتميرها على نظام تنقية وتعقيم، وتم استخدام عدة أنظمة للخروج بالافضل وجميع الأنظمة المستخدمة كانت من التصنيع المحلي بقدر المستطاع. وتم تنفيذ شبكة الصرف بناءً على المخططات المرسومة والتي تم بها تعديل النظام التقليدي ليصبح نظام يمكن به توزيع الصرف بناءً على مصدره (الأشكال ٧-١٠). ويتكون نظام المعالجة من خزانات رئيسية لتجميع المياه الرمادية (شكل رقم ٧) ومضخات للمياه ويتكون نظام المعالجة بالإضافة إلى ما سبق من:

١. أربعة فلاتر رملية كل منها عبارة عن ماسورة بلاستيكية مصنعة من مادة PVC وبقطر ٦ بوصة وبطول ٢٥٠ سم متصلة مع بعضها على التوازي وقد ملأت تلك الفلاتر

بالحصى والرمل بأطوال مختلفة على شكل طبقات وبكثافة ظاهرية تساوي ١,٥ جم.سم^{-٣})
للتخلص من المواد الصلبة العالقة بالمياه الرمادية (شكل رقم ٨).

٢. فلتر الكربوني - الفحم المنشط (شكل رقم ٨) وهو عبارة عن ماسورة بلاستيكية مصنعة من مادة PVC ويقطر ٨ بوصة وبطول ١٥٠ سم حيث تم تعبئة تلك الماسورة بالفحم النباتي النشط (تم تنشيطه معملياً) في مختبرات قسم علوم التربة - كلية علوم الأغذية والزراعة - جامعة الملك سعود) لإدمصاص اللون وبعض الأيونات العضوية.

٣. وحدة التعقيم بالأشعة فوق بنفسجية UV (شكل رقم ٩) ، وهى عبارة عن وحدة مركبة على مواسير المياه الخارجة بعد مرورها على الفلتر الكربوني تقوم بإرسال أشعة فوق بنفسجية تعمل على قتل الميكروبات وتعقيم المياه للتخلص من الحمل الميكروبي. و المياه الخارجة بعد مرورها على تلك الوحدة تمثل المياه بعد تمام المعالجة.

٤. خزانات لتجميع المياه بعد المعالجة أي بعد مرورها على مراحل المعالجة الثلاث السابقة (شكل رقم ١٠).

وقد تم إحضار عينات مياه بصفة دورية عند كل مرحلة من مراحل المعالجة للتعرف على خواصها الكيميائية والميكروبيولوجية وبالتالي تقييم كفاءة نظام المعالجة .



شكل (٧) تركيب الخزانات لتجميع المياه الرمادية الناتجة عن الوضوء بمسجد عثمان بن عفان بالرياض (الوابل وآخرون-١٤٣١هـ).



شكل (٨) الفلاتر الرملية الأربعة والفحم المنشط الذي يستخدم في نظام المعالجة بالموقع (الوابل وآخرون-١٤٣١هـ).



شكل (٩) تركيب جهاز الأشعة فوق البنفسجية (UV) للتخلص من المكروبات بالمياه الرمادية الناتجة عن الوضوء بمسجد عثمان بن عفان بالرياض بالموقع (الوابل وآخرون-١٤٣١هـ).



شكل (١٠) خزان تجميع المياه بعد المعالجة بجميع المراحل (الوايل وآخرون-١٤٣١هـ).

مصادر عينات المياه

قام الباحثون بإحضار عينات مياه بصفة دورية عند كل مرحلة من مراحل المعالجة حيث كانت كما يلي:

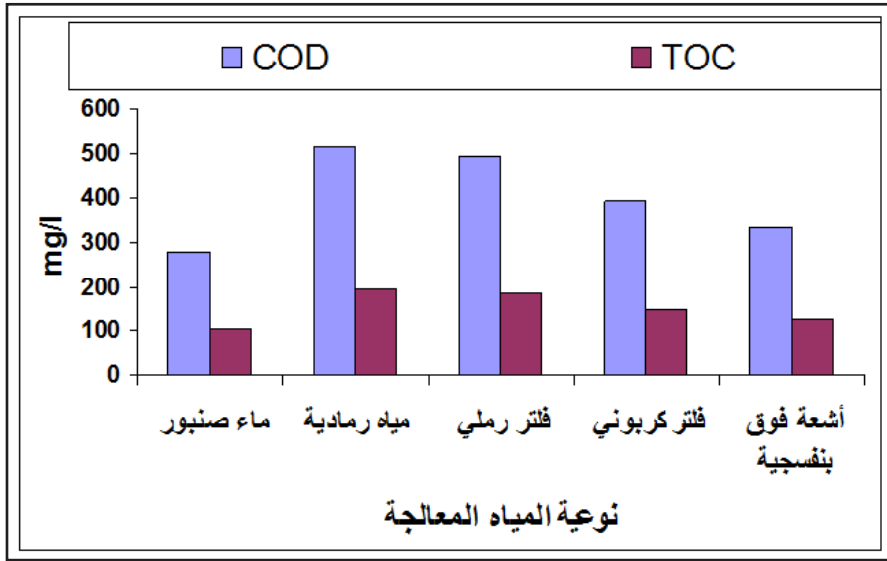
١. عينات مياه من المصدر (وهي تمثل مياه الصنبور التي تستخدم في الوضوء).
 ٢. عينات من المياه الناتجة عن الوضوء (وهي تمثل المياه الرمادية قبل المعالجة).
 ٣. عينات مياه بعد مرورها على الفلاتر الرملية (وهي تمثل المياه الرمادية بعد التخلص من المواد الصلبة العالقة).
 ٤. عينات مياه بعد مرورها على الفلتر الكربوني (وهي تمثل المياه الرمادية بعد إدمصاص اللون وبعض الأنيونات العضوية بها).
 ٥. عينات مياه بعد مرورها على وحدة التعقيم بالأشعة فوق بنفسجية UV للتخلص من الحمل الميكروبي (وهي تمثل المياه الرمادية بعد تمام المعالجة).
- وقد أوضحت النتائج المتحصل عليه بالجدول رقم (٧) أن الخواص الكيميائية للمياه بعد تمام المعالجة تتشابه إلى حد كبير مع مياه الصنبور والتي تفضل في مجملها المياه الرمادية من حيث احتوائها على الأملاح وباقي الخواص الكيميائية. حيث أوضحت النتائج لثلاث

فترات متتالية قبل وبعد المعالجة أن قيم ملوحة المياه متقاربة باستثناء مياه الفلتر الرملي. أما قيم الطلب على الأكسجين الكيميائي (شكل ١١) فقد انخفضت مع المعالجات المختلفة، وباستخدام المعالجة الأخيرة (UV) أصبحت المياه الرمادية شبيهة بمياه الصنبور. أما فيما يتعلق بالخواص الميكروبيولوجية للمياه الرمادية قبل وبعد المعالجة، فهناك قياسات واختبارات هامة للتلوث الميكروبي للمياه بصفة عامة، وأهم هذه الاختبارات الكشف عن مجموعة بكتريا القولون E. Coli وهي بكتيريا عسوية سالبة لصبغة جرام غير متجترمة وتخمّر سكر اللاكتوز مع إنتاج حامض وغاز، وعلى ذلك فوجودها في الماء يدل على تلوثه، ونظراً لأن الكشف عن الميكروبات المرضية من الصعوبة بمكان وتحتاج إلى وقت طويل، فعادةً تختبر المياه لوجود مجموعة بكتريا القولون من عدمه، فإذا تواجدت هذه المجموعة الميكروبية في المياه فإن ذلك يعتبر مؤشراً على تلوثها وعدم صلاحيتها للشرب. كذلك تم أخذ عينات مياه بصفة دورية على فترات متتالية (كل ٤٨ ساعة) وذلك لتتبع وتقدير أعداد بكتريا مجموعة القولون في عينات المياه. وسجلت النتائج المدونة بالجدول رقم (٨) تقدير أعداد بكتريا مجموعة القولون في عينات المياه الرمادية تحت تأثير المعاملات المختلفة في ٥ فترات متتالية بمعدل كل ٤٨ ساعة. فقد لوحظ في الفترة الأولى قبل وبعد معاملات المعالجة المختلفة للمياه الرمادية أن المياه الرمادية قبل معاملات المعالجة احتوت على أعداد مرتفعة من بكتريا مجموعة القولون بلغت ٥٤٠٠ خلية/١٠٠ مل، ثم تناقصت هذه الأعداد بدرجة كبيرة عند إمرارها على الفلتر الرملي حيث بلغت ٦٨ خلية/١٠٠ مل، ثم تزايدت الأعداد مرة أخرى عند إمرار المياه الرمادية على الفلتر الكربوني حيث بلغت ٩٢٠٠ خلية/١٠٠ مل. في حين لم تسجل بكتريا مجموعة القولون أي أعداد لها عند تعرض المياه بعد ذلك للأشعة فوق البنفسجية، وأيضاً كانت مياه الصنبور خالية تماماً من أي أعداد من بكتريا مجموعة القولون، ويوضح الشكل رقم (١٢) الكشف عن بكتريا مجموعة القولون في عينات المياه المختلفة خلال الفترة الثانية لأخذ العينات ومقارنة مدى التلوث الميكروبي تحت تأثير المعاملات المختلفة، حيث تزايدت أيضاً أعداد بكتريا مجموعة القولون وبدرجة أكبر من الفترة الأولى سواء قبل المعالجة للمياه الرمادية والتي سجلت أعدادها ٩٢٠٠ خلية/١٠٠ مل أو بعد المعالجة بالفلتر الرملي أو بالفلتر الكربوني والتي سجلت فيهما أعداد بكتريا مجموعة القولون ٢٤٠٠، ١٦٠٠٠ خلية/١٠٠ مل على التوالي، ومن ناحية أخرى ظهرت أعداد من بكتريا مجموعة القولون بعد المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية والتي بلغت ٤٥ خلية/١٠٠ مل. ولم تظهر خلال هذه الفترة أيضاً أي أعداد من بكتريا مجموعة القولون في ماء الصنبور.

جدول (٧) بعض المعايير الكيميائية الخاصة بتقييم المياه الرمادية قبل وبعد المعالجة باستخدام نظام المعالجة المقترح. (الوابل وآخرون-١٤٣١هـ).

B	NO ₃	TDS	RSC	T.Hardnes mg (CaCO ₃)/L	pH	EC	المعاملة
ppm	ppm	ppm				dSm-1	
الفترة الأولى							
٠,٥	١,٨٧	٥٢٥,٠٤	٤,٣٥-	٣١٥	٧,٩	٠,٨٣٦	ماء صنبور
٠,٧	٢,١	٦٢٤,٦٤	٤,٤٥-	٣٧٢,٥	٧,٣٨	٠,٩٧٦	مياه رمادية
٠,٦	٢	٥٢٥,٤٤	٤,٧٥-	٣٣٥	٧,٨٢	٠,٨٢١	فلتر رملي
٠,٥٥	١,٩	٦٨٨,٦٤	٥,٢٥-	٤١٢,٥	٧,١٢	١,٠٧٦	فلتر كربوني
٠,٥٥	١,٨٨	٥١٢,٢٨	٤,٥-	٣١٥	٧,٩٥	٠,٨٠٢	أشعة فوق البنفسجية
الفترة الثالثة							
٠,٥٤	١,٩	٥٢٥,٠٤	٤,٢٥-	٣١٧,٥	٨,١	٠,٨٣٦	ماء صنبور
٠,٧	٢,٢	٥٩٠,٧٢	٤,٢-	٣٧٢,٥	٧,٩٧	٠,٩٢٣	مياه رمادية
٠,٦٧	٢	٦٧٢	٤,٣-	٣٦٥	٧,٣	١,٠٥	فلتر رملي
٠,٦	١,٩	٧٠٤	٤-	٣٣٧,٥	٧,٤٦	١,١	فلتر كربوني
٠,٦	١,٩	٦٢٧,٢	٤,٦٥-	٣٢٥	٧,٩٢	٠,٩٨	أشعة فوق البنفسجية





شكل رقم (١١) تأثير نوعية المعالجة على قيم الـ COD و الـ TOC (الوايل وآخرون- ١٤٣١هـ).

جدول رقم (٨) : تقدير أعداد بكتريا مجموعة القولون فى عينات المياه الرمادية قبل وبعد المعالجة (الوايل وآخرون-١٤٣١هـ).

فترة العينة	ماء صنبور	مياه رمادية ناتجة عن الوضوء	مياه رمادية معالجة من	مياه رمادية معالجة من خلال فلتر كربوني	مياه رمادية معالجة من خلال الأشعة فوق بنفسجية
عدد خلايا بكتريا القولون / ١٠٠ مل					
الفترة الأولى	لا يوجد	٥٤٠٠	٦٨	٩٢٠٠	لا يوجد
الفترة الثانية	لا يوجد	٩٢٠٠	٢٤٠٠	١٦٠٠٠	٤٥
الفترة الثالثة	لا يوجد	١١٠٠٠	٣٦٠٠	١٨٠٠٠	٣٨٠
الفترة الرابعة	لا يوجد	٥٦٠٠	٤٠	١٥٠٠٠	٤٥٠
الفترة الخامسة	لا يوجد	١٤٠٠٠	٤٠	١٣٠٠٠	لا يوجد

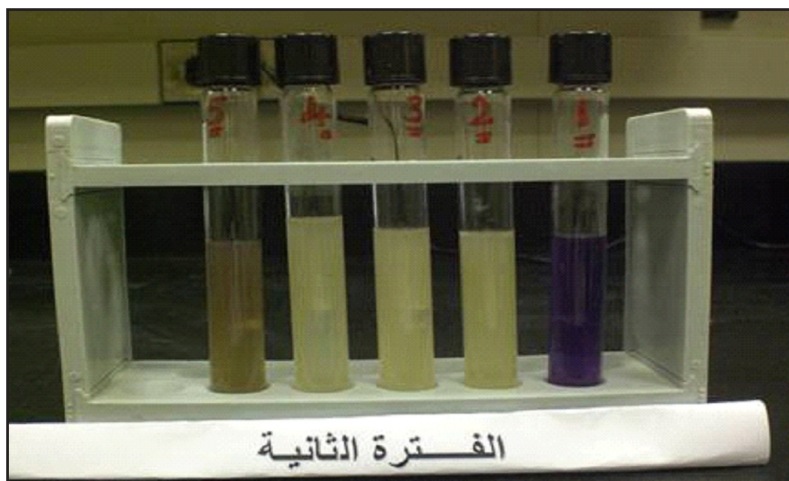
وفى الفترة الثالثة أخذت أعداد بكتريا مجموعة القولون فى التزايد عن الفترة الثانية فى المياه الرمادية وتحت تأثير معاملات المعالجة المختلفة ، حيث بلغت فى المياه الرمادية ١١٠٠٠ خلية/ ١٠٠مل ، أو بعد المعالجات الثلاثة المختلفة سواء بالفلتر الرملى أو بالفلتر الكربونى أو بالأشعة فوق البنفسجية والتي بلغت فيهم أعداد بكتريا مجموعة القولون ٣٦٠٠ ، ١٨٠٠٠ ، ٢٨٠ خلية/ ١٠٠مل على التوالي. كما لم تسجل أيضاً ماء الصنبور أى أعداد من بكتريا مجموعة القولون.

وفى الفترة الخامسة أستمر ظهور أعداد مرتفعة من بكتريا مجموعة القولون فى كل من المياه الرمادية والمعالجة بالفلتر الكربونى والتي بلغت الأعداد فيهما ١٤٠٠٠ ، ١٣٠٠ خلية/ ١٠٠مل ، بينما تناقصت الأعداد إلى ٤٠ خلية/ ١٠٠مل عند معالجة المياه بالفلتر الرملى ، فى حين لم تظهر أى أعداد لبكتريا مجموعة القولون عند معالجتها بالأشعة فوق البنفسجية خلال هذه الفترة ، وأيضاً كانت مياه الصنبور خالية تماماً من أى أعداد من بكتريا مجموعة القولون ، ويوضح الشكل رقم (١٣) الكشف عن بكتريا مجموعة القولون فى عينات المياه المختلفة خلال الفترة الخامسة لأخذ العينات ومقارنة مدى التلوث الميكروبي تحت تأثير المعاملات المختلفة.

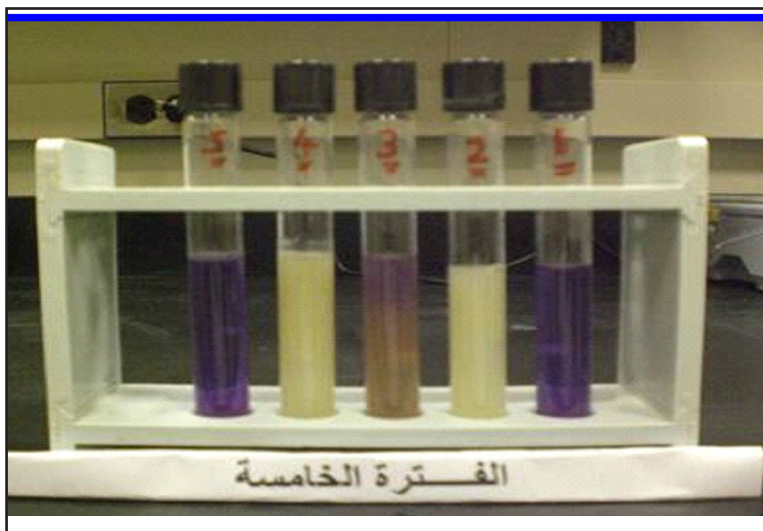
وقد خلصت نتائج الدراسة إلى أن ماء الصنبور لا يحتوى خلال فترات الدراسة على أى أعداد من بكتريا مجموعة القولون وكانت خالية تماماً منها ، وهذا يؤكد على كفاءة المياه الواردة من محطات المياه إلى داخل المسجد وخلوها من أى تلوث ميكروبي وصلاحتها تماماً للتداول الشخصى.

أما بالنسبة للمياه الرمادية قبل معاملات المعالجة المختلفة فقد تباينت أعداد بكتريا مجموعة القولون خلال الفترات المختلفة لأخذ العينات ويعزى ذلك تبعاً لدرجة تلوث هذه المياه بعد تداولها الشخصى داخل المسجد خلال فترة أخذ العينات.

أما بالنسبة لمعالجة المياه الرمادية بإمرارها على الفلتر الرملى ، فهناك تأثير واضح في خفض أعداد بكتريا مجموعة القولون بالمقارنة بأعدادها قبل عملية المعالجة وذلك في الفترات الخمس لأخذ العينات ، كما يلاحظ أيضاً زيادة كفاءة الفلتر الرملى بمرور الوقت في تناقص أعداد بكتريا مجموعة القولون فى المياه خلال الفترتين الرابعة والخامسة ، وقد يرجع ذلك إلى تكوّن غشاء رقيق من مواد هلامية على أسطح حبيبات الرمل بمرور الوقت مما يساهم في زيادة كفاءة الفلتر الرملى فى خفض أعداد بكتريا مجموعة القولون.



شكل رقم (١٢) الكشف عن بكتريا مجموعة القولون فى عينات المياه تحت تأثير المعاملات المختلفة خلال الفترة الثانية لأخذ العينات (الوايل وآخرون-١٤٣١هـ).



شكل رقم (١٢) : الكشف عن بكتريا مجموعة القولون فى عينات المياه تحت تأثير المعاملات المختلفة خلال الفترة الخامسة لأخذ العينات (الوايل وآخرون-١٤٣١هـ).
 (١) مياه صنوبر ، (٢) مياه رمادية مستهلكة في الوضوء ، (٣) مياه معالجة بعد مرورها على المرشح الرملي ، (٤) مياه معالجة بعد مرورها على المرشح الكربوني ، (٥) مياه معالجة بعد مرورها على وحدة التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية.

ويلاحظ أيضاً أن للفلتر الكربوني تأثير واضح في تزايد أعداد بكتيريا مجموعة القولون وذلك بمقارنتها بكل من المياه الرمادية قبل المعالجة أو بعد معالجتها بالفلتر الرملي، وقد يعزى ذلك إلى تكاثر بكتيريا مجموعة القولون على الفلتر الكربوني بمرور الوقت باعتباره وسط ملائم لنمو هذه الميكروبات وأصبحت مصدراً للتلوث بها، مما ساعد على زيادة أعدادها وبالتالي زيادة الحمل الميكروبي عليه.

أما بالنسبة لمعالجة المياه الرمادية بتعريضها للأشعة فوق البنفسجية، فقد لوحظ أن هذه الجرعة من الأشعة كانت قادرة على القضاء على أعداد بكتيريا مجموعة القولون خلال الفترة الأولى فقط من أخذ العينات، ثم ظهرت بعد ذلك أعداد من بكتيريا مجموعة القولون خلال الفترات الثانية والثالثة والرابعة، وقد يعزى ذلك للزيادة الواضحة في أعداد بكتيريا مجموعة القولون على الفلتر الكربوني الذي يسبق مرحلة التعرض للأشعة فوق البنفسجية مما جعل الجرعة المستخدمة من هذه الأشعة غير كافية للقضاء على أعداد بكتيريا مجموعة القولون المتكونة بالمياه. ولذلك قام الفريق البحثي خلال المرحلة الخامسة بتقليل زمن تصريف المياه الرمادية خلال تعرضها للأشعة فوق البنفسجية مما أتاح الفرصة لتعريض بكتيريا مجموعة القولون لهذه الأشعة أكبر فرصة ممكنة مما ساهم بدرجة كبيرة في القضاء عليها، هذا ويفضل أيضاً زيادة جرعة الأشعة فوق البنفسجية المستخدمة وذلك لضمان الحصول على مياه خالية تماماً من أي تلوث ميكروبي حتى لا يسبب أي مشاكل صحية عند تناولها.

د - نظرة مستقبلية

تعد هذه الدراسة هي الأولى من نوعها في مجال إعادة استخدام المياه الرمادية الناتجة عن الوضوء بالمساجد بمدينة الرياض. ونتائج الدراسة تدق ناقوس الخطر لتعلن للمهتمين بالبيئة بضرورة الحيطه والحذر في التعامل مع المياه الرمادية الناتجة عن الوضوء قبل إجراء معالجة بسيطة لتلك النوعية من المياه والذي يتيح التخلص من الحمل الميكروبي بها.

ومن خلال النتائج الإيجابية لهذه الدراسة فإننا نتطلع إلى:

١. تعميم التوسع في استخدام وحدات أنظمة المعالجة بجميع المساجد لإعادة تدوير كميات كبيرة من تلك النوعية من المياه الرمادية، وبالتالي تقليل العبء على شبكات الصرف وتوفير كميات لأبسط من المياه المحلاة لاستخدامها في الأغراض الأخرى والاستفادة القصوى من كل قطرة مياه.

٢. إمكانية استخدام وحدات المعالجة المقترحة في معالجة المياه الرمادية بالفنادق والمنازل والمغاسل.

٣. تعزيز ونشر ثقافة الحفاظ على المياه من منظور ديني والتوعية بكافة الوسائل المقروءة والمرئية والمسموعة حول عدم الإسراف في المياه المحلاة والاستغلال الأمثل لها مع التأكيد على ضرورة إعادة تدوير المياه الرمادية.

٦- المراجع

أبورزيزة، عمر سراج (٢٠٠٢). استعمال مياه الوضوء لدفع الفضلات في المساجد والمدارس والمكاتب بالمملكة العربية السعودية مجلة جامعة الملك عبد العزيز: العلوم الهندسية، م ١٤، ع ٢، ص ٣-٢٣

الربيعان، علي بن إبراهيم، و الفارس، حمد بن دباس " تقرير عن أداء السخانات الشمسية لتسخين المياه في المساجد " (١٤٢٢ هـ).

العمران، عبد رب الرسول، عبد الرزاق فلاته وسيف المطرود " تقييم نوعية مياه أبار الري في منطقة الرياض بالمملكة العربية السعودية " . مجلة جامعة الملك عبد العزيز. علوم الأرصاء والبيئة وزراعية المناطق الجافة. ١٦ (٢) (٢٠٠٥م): ٢٣-٤٠

الغرفة التجارية والصناعية، (١٤٣٠هـ). دراسة الأمن المائي والغذائي بالمملكة العربية السعودية- الرياض .

الوابل، محمد إبراهيم وعبدرب الرسول موسى العمران و علي محمد التركي وفهد البركة و عبدالله الفراج ١٤٣١هـ " دراسة طرق تفعيل استخدام المياه الرمادية ومدى الاستفادة من بعض المصارف المياه الغير مستغلة داخل المنازل والمنشآت الصغيرة " تقرير مشروع- عمادة البحث العلمي- جامعة الملك سعود.

الوابل، محمد إبراهيم وعبدرب الرسول العمران وسالم العزب المغربي (٢٠١١) تقييم صلاحية المياه الرمادية الناتجة عن الوضوء للري. مجلة جامعة الملك سعود "العلوم الزراعية" مجلد رقم ٢٣-٢) تحت النشر.

حجره، حسن حمزة. ١٤٢٣هـ. تخصيص المشاريع للاستفادة من مياه الصرف الصحي في تشجير مناطق المملكة. مقدم إلى ندوة إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الأغراض الزراعية. الرياض ١٤٢٣هـ

مركز فقيه للأبحاث والتطوير، (١٤١٨هـ). إعادة استخدام المياه: أسلوب فعال للتغلب على نقص المياه وترشيدها بالمملكة العربية السعودية (تجربة شركة مكة للإنشاء والتعمير- الطبعة الثانية).

وزارة الكهرباء والمياه. الدليل الإرشادي لترشيد المياه والكهرباء في المساكن والمشروعات

الإسكانية والتجارية. الرياض - المملكة العربية السعودية (١٤٢٩هـ).
وزارة الكهرباء والمياه. التقرير السنوي ١٤٣٠-١٤٣١ (٢٠٠٩) - المملكة العربية السعودية
(١٤٢٩هـ).

وزارة التخطيط الأردنية. (٢٠٠٣م). إعادة استخدام المياه الرمادية في بلدان مختلفة و
إمكانيات تطبيقها في الأردن، مركز البيئة.

Anda. M.; G. Ho. and K. Mathew. (2002) "Gray water Reuse: Some Options for Association of Western Australia and authors". Retrieved October 30, 2002 from <<http://www.rosneath.com.au/ipc6/ch08/anda/>>.

Ayers. R. S. and D. W Westcot. (1985) "Water quality for agriculture". No 29. FAO. Roma.

Diana . Ch. B. E.E. Robert and Mc. Scott (1996). An investigation into grey water reuse for urban residential properties. Desalination. Volume 106. (1-3):391-397.

Jeppesen. B. (1996). Model Guidelines for Domestic Greywater Reuse for Australia. Research Report No. 107. Brisbane: Urban Water Research. Association of Australia.- 186.

Jeppesen. B.; and Solley. D. (1994). Domestic Greywater Reuse. Overseas Practice and its Applicability to Australia. Research report No. 73. Brisbane: Urban Water Research Association of Australia.

Kambanellas. C. A. (1999). Cyprus Report for CEHA Regional Workshop on Water Conservation and Reuse: Important Elements of Water Resources Management Strategies. Amman. Jordan. Nicosia: Department of Water Development

Ludwig. (1999). Building Professionals Supplement: Your Complete Guide to Professional Installation of Graywater Systems. Oasis Biocompatible Products. 5 San Marcos Trout Club. Santa Barbara. CA 93105-9726.

Ludwig. Art. (2000). Builder's greywater guide. Installation of Grey water Systems in New Construction and Remodling. 5 San Marcos Trout

- Club. Santa Barbara. CA 93105-9726. Annual Meeting.
- Ludwig, A. (2006). Create an oasis with greywater: choosing, building, and using greywater systems include branched drains. Oasis Design. Santa Barabra. CA. USA
- March J.G., M. Gual and F.Orozco (2005). Experiences on grey water re- use for toilet flushing in a hotel (Mallorca Island. Spain). Desalination 164:241 – 247.
- McLamb, C. (2004). Grayeater: The nest wave. Whitehall Printing Company. Suwanee. GA. USA.
- Mitchell DS, Breen PF & Chick AJ (1990). Artificial Wetlands for Treating Wastewaters from Single Households and Small Communities. in Cooper PF & Findlater BC (eds). Constructed Wetlands and Water Pollution Control. Proceedings of the International Conference on the Use of Constructed Wetlands in Water Pollution Control. Pergamon Press. Oxford. pp 383-389
- Murphy E (1994). Wastewater Disposal Option in Mundaring: A practical case study. in Mathew & Ho. op cit. <http://www.rosneath.com.au/ipc6/>
- Oster, J. D. and J. D. Rhoades; (1977) "Various indices for evaluating the effective salinity and sodicity of irrigation water." 1-14. in Proceedings International Salinity Conference. Texas Technical University. Lubbock. U.S.A.
- Oster, J. D. and F. W. Schroer. (1979) "Infiltration as influenced by irrigation water quality". Soil Sci. Soc. Am. J. 43:444-447.
- Page A.L. ; R.H. Miller and D.R. Keeney 1982. Methods of soil analysis. No. 9 (Part 2) in the Agronomy Series. Amer. Soc. of Agron., Madison., Wisc., USA
- Pinto U. and B.L. Maheshwari (2010). Reuse of greater for irrigation around homes in Australia : Understanding community views. issues and practices. Urban Water Journal . volume 7(2):141-153.
- Prathapar S.A., A. Jamrah, M. Ahmed, S. Al Adawi, S. Al Sidairi and A. Al Harassi (2005). Overcoming constraints in treated greater reuse in

Oman. Desalination 186: 177- 186.

Rainwater . F.H. and L.L. Thatcher. (1979."Methods of collection and analysis of water samples". Geo. Sur. Water supply. Paper No. 1454). Washington.

Richards. L. A. (ed.) (1954). "Diagnosis and improvement of saline and alkali soils". USDA Handbook No. 60. Indian Edition. Published by Prinlar for Oxford and IBH publishing Co. 66. Jan path New Delhi. India..



شكر وتقدير

يتقدم المؤلفان بالشكر لله سبحانه وتعالى ولمن ساهم
بإنتاج هذا الكتيب خاصة د. سالم المغربي، كما نشكر
عمادة البحث العلمي في دعمها للبحث الخاص بالمساجد
كما نشكر الجمعية السعودية للعلوم الزراعية ممثلة
بهيئة تحرير سلسلة الإصدارات العلمية على موافقتها نشر
هذا الإصدار ضمن سلسلة إصداراتها القيمة.
والحمد والشكر والتناء لله رب العالمين

