الدليل الإرشادي

لإدارة المياه الرمادية على مستوى المنزل في التجمعات السكانية الصغيرة في البادية الشمالية الشرقية- الأردن

مشروع الإدارة المتكاملة لمياه الصرف الصحي
في التجمعات السكانية الصغيرة في الأردن

الجمعية العلمية الملكية / عمان
مركز البحوث للتنمية الدولية / كندا

2007

جدول المحتويات

المحتوى	الصفحة
الباب الأول: مقدمة	
١-١ المقدمة	١
١-٢ الهدف والفئة المستهدفة	٣
الباب الثاني: خصائص المياه الرمادية	
٢-١ التعريفات	٥
٢-٢ الهدف من معالجة وإعادة استخدام المياه الرمادية	٥
٢-٣ كمية المياه الرمادية	٧
٢-٤ نوعية المياه الرمادية	٩
٢-٥ المحتوى الكيميائي للمياه الرمادية	٩
٢-٦ المحتوى الجرثومي للمياه الرمادية	١٠
الباب الثالث: طرق فصل ومعالجة المياه الرمادية	
٣-١ فصل المياه الرمادية عن المياه السوداء	١٣
٣-٢ معالجة المياه الرمادية	١٤
٣-٢-١ أنظمة معالجة المياه الرمادية في منطقة البادية الشمالية الشرقية	١٤
٣-٢-٢ حوض التجميع المتبوع بفلتر رملي منقطع التدفق	١٥

٣-٢-٣ مفاعل الحمأة اللاهوائي ٢٣

٣-٣ إعادة استخدام المياه الرمادية المُعالجة في منطقة البادية الشمالية الشرقية ٢٩

٣-٣-١ الأشجار والنباتات التي تُروى بالمياه الرمادية ٢٩

٣-٣-٢ أسلوب الري باستخدام المياه الرمادية المُعالجة ٣٠

الباب الرابع: الاعتبارات الصحية والبيئية والتشريعية لإعادة استخدام المياه الرمادية في التجمعات السكانية النائية

٤-١ مقدمة ٣١

٤- ٢ الاعتبارات الصحية لإعادة استخدام المياه الرمادية ٣١

٤-٣ الاعتبارات البيئية لإعادة استخدام المياه الرمادية ٣٢

٤-٤ الاعتبارات التشريعية لإعادة استخدام المياه الرمادية ٣٣

الباب الخامس: خلاصة

٥-١ الخلاصة ٣٥

٥-٢ المراجع ٣٦

قائمة الجداول

الجدول	الصفحة
الجدول رقم (١): كمية المياه الرمادية الناتجة عن ثلاثة منازل في روضة الأمير علي/منطقة البادية الشمالية الشرقية.	٨
الجدول رقم (٢): معدل كمية المياه الرمادية الناتجة عن المنازل في عمان حسب مصادر المياه الرمادية (الجمرة، ٢٠٠٦)	٨
الجدول رقم (٣): المحتوى الكيميائي للمياه الرمادية في مناطق ذات بيئات إجتماعية مختلفة.	١٠
الجدول رقم (٤): عدد بكتيريا القولون المحتملة للحرارة في عدد من دول العالم.	١١
الجدول رقم (٥) بعض المشاكل التي قد تظهر خلال تشغيل وحدة حوض التجميع المتبوع بالفلتر الرملي والحلول المقترحة	٢٠
الجدول رقم (٦) حجم ومساحة وحدة الفلتر الرملي لمنازل مختلفة	٢١
الجدول رقم (٧) كفاءة وحدة الفلتر الرملي في معالجة المياه الرمادية في منطقة البادية الشمالية الشرقية	٢٢
الجدول رقم (٨) حجم وحدة مفاعل الحمأة اللاهوائي لمنازل مختلفة	٢٧
الجدول رقم (٩) كفاءة وحدة مفاعل الحمأة اللاهوائي في معالجة المياه الرمادية في منطقة البادية الشمالية الشرقية	٢٨

قائمة الأشكال

الشكل	الصفحة
الشكل رقم (١): مصادر المياه الرمادية	٦
الشكل رقم (٢): تصريف المياه الرمادية خارج المنـــزل بدون معالجة يسبب التلوث.	٦
الشكل رقم (٣): فصل المياه الرمادية	١٣
الشكل رقم (٤): رسم توضيحي لحوض التجميع المتبوع بفلتر رملي	١٦
الشكل رقم (٥): رسم توضيحي لمفاعل الحمأة اللاهوائي.	٢٣

شكر وتقدير

ينتهز مركز بحوث البيئة في الجمعية العلمية الملكية فرصة إعداد وإصدار هذا الدليل الإرشادي ليتوجه بالشكر الجزيل للمركز الكندي لبحوث التنمية (International Development Research Center IDRC) وذلك لتقديم الدعم المادي لمشروع الإدارة المتكاملة لمياه الصرف الصحي في التجمعات السكانية الصغيرة في الأردن. كما ويتوجه بالشكر للجنة التوجيهية ولجنة الخبراء المتمثلة بالتالية أسماؤهم على ما قدموه من جهود في هذا المشروع:

د. محمود صافي، المركز الوطني للبحوث الزراعية

د. منجد الشريف، جامعة العلوم والتكنولوجيا

د. مها الحلالشة، الجامعة الأردنية

د. سعد العياش، مركز بحث وتطوير البادية

د. مراد بينو، الشبكة الإسلامية لإدارة مصادر المياه

د. بسام الحايك/ الجمعية العلمية الملكية

م. صالح الملكاوي، وزارة المياه والري

م. محمد منصور، وزارة المياه والري

م. محمد العبادي، وزارة الصحة

م. حسني حمدان، وزارة البيئة

م. شهاب البيروتي، الشبكة الإسلامية لإدارة مصادر المياه

م. سعيد الزريقي، المركز الوطني للبحوث الزراعية

م. مؤيد السيد/ الجمعية العلمية الملكية

م. سحر الدلاهمة/ الجمعية العلمية الملكية

م. وائل سليمان/ الجمعية العلمية الملكية

كما ونتوجه بالشكر الخاص لجميع أعضاء فريق المشروع لجهوده بإنجاح المشروع وبإعداد هذا الدليل ونخص كل من م. سحر الدلاهمة وم. مؤيد السيد م. وائل سليمان ود. بسام الحايك. كما نشكر جميع الفنيين الذين شاركوا في تركيب وحدات معالجة المياه الرمادية.

ونتوجه بالشكر الخالص لجميع أعضاء اللجنة المحلية المتمثلة بالتالية أسماؤهم على جهودهم ومشاركتهم في المشروع:

السيد عبد الله طحبوش العظامات، رئيس اللجنة المحلية والمنسق العام للمشروع في الدراسة

م. أحمد الحطاب، رئيس بلدية

م. أحمد المساعيد،

أمل المساعيد

تهاني محمد خلف الشرفات

حسن على المعرعر، مدير مدرسة

حسين سيار العظامات، موظف ورئيس جمعية

ختام النعيمي، خريجة جامعة

خلف سليم مفضي اللقمان، متقاعد أمن عام

سناء النعيمي

عائشة المساعيد، موظفة جمعية

م. عاطف الروسان ، رئيس بلدية الصفاوي

م. علي العلاونة، موظف بلدية

السيد عمر المساعيد، مدرس

علي صياح علي العساف، رئيس جمعية

علي غافل السميران، متقاعد قوات مسلحة

فندي سالم السحيم، متقاعد

فهد كساب المنادي، مواطن

فواز الغميض العظامات

منى بني خالد

هبة حسن خلف الشرفات، موظفة بلدية

الباب الأول

مقدمة

١-١ المقدمة

المياه عنصر استراتيجي وحيوي مرتبط إلى حد كبير بالتنمية الاقتصادية والاجتماعية. وقد برزت قضية شح المياه وتردي نوعيتها في العديد من الدول نتيجة النمو السكاني والتغيرات المناخية والنشاط الإنساني مما سبب فجوة غذائية في معظم الدول واستنزافاً للموارد المائية المتاحة.

تقسم الموارد المائية إلى موارد مائية تقليدية وهي مجموع الموارد المائية السطحية والجوفية ، وموارد مائية غير تقليدية وهي المياه المالحة التي خضعت لعمليات التحلية ويكون مصدرها مياه البحر أو المياه الجوفية، إضافة إلى مياه الصرف الصحي المعالجة ومياه الصرف الزراعي المعالجة. وتعتبر هذه الموارد من الموارد المتنامية مع الزمن مع ازدياد النمو السكاني والتقدم البشري بعكس الموارد المائية التقليدية التي غالباً ما تكون محدودة.

يعاني الأردن من شح في موارده المائية، ويعتبر البلد من أفقر عشرة دول في العالم من حيث محدودية المصادر المائية ويعود ذلك بشكل رئيسي إلى قلة الأمطار وعدم وجود مصادر مائية سطحية كالأنهار والينابيع بالإضافة إلى النمو السكاني السريع حيث ارتفع عدد السكان في الأردن إلى حوالي ٥,٢ مليون نسمة عام ٢٠٠١ ومن المتوقع أن يصل عدد السكان في الأردن إلى ٩,٢ مليون نسمة في عام ٢٠٢٠. ونتيجة للتحدي المائي الخطير في الأردن فقد عمدت الحكومة عام ١٩٩٧ إلى إقرار إستراتيجية مائية تشجع وتدعم معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها، كما أقرت الحكومة الأردنية عام ١٩٩٨ خطة سميت بخطة إدارة مياه الصرف الصحي والتي اعتبرت مياه الصرف الصحي مورداً مائياً يجب أن يُجمع ويُعالج ثم يُستخدم في

الري والاستخدامات الأخرى غير المنزلية، وبالتالي أصبحت مياه الصرف الصحي المستصلحة مصدراً مائياً كباقي المصادر المائية التي تساهم في عملية إدارة الطلب على المياه.

تقسم مياه الصرف الصحي المنزلية إلى قسمين: الأول يسمى المياه السوداء ومصدرها مياه المراحيض، أما القسم الثاني فيُسمى المياه الرمادية وهي الناتجة عن مياه الاستحمام ومياه الغسيل والمطبخ والمغاسل. وتتميز المياه الرمادية بأنها مصدر مائي مستدام يشكل الجزء الأكبر من مياه الصرف الصحي، كما تعتبر نوعيتها أفضل من المياه السوداء. لذلك فإن معالجة وإعادة استخدام المياه الرمادية في الأغراض الزراعية يساهم بشكل كبير في تقليل الطلب على المياه العذبة لهذه الأغراض.

إن إعادة استخدام المياه الرمادية منتشر على نطاق واسع في كثير من دول العالم، فقد بينت دراسة أجريت في الولايات المتحدة الأمريكية أن معالجة وإعادة استخدام المياه الرمادية شائع في ولايتي أريزونا وكاليفورنيا كما تبين كثير من الدراسات أن معالجة المياه الرمادية الخارجة من المنازل شائع جداً في دول مثل اليابان وألمانيا واستراليا.

إن تجربة إعادة استخدام المياه الرمادية في الأردن ما تزال في بداياتها، حيث دخل هذا المفهوم بشكل عملي عام ١٩٩٧ بجهود من الشبكة الإسلامية لإدارة وتنمية المصادر المائية التابعة لمنظمة المؤتمر الإسلامي والتي قامت بإنشاء وحدات تجريبية لمعالجة المياه الرمادية في مناطق مختلفة من الأردن حيث وجدت الفكرة قبولاً واسعاً من السكان وتشجيعاً من صُنّاع القرار.

وخلال عام ٢٠٠٢ تقدمت الجمعية العلمية الملكية بمقترح دراسة إلى مركز البحوث للتنمية الدولية في كندا لتنفيذ دراسة تطبيقية بحثية تتعلق بإدارة متكاملة للمياه الرمادية في التجمعات السكانية الصغيرة في الأردن. وقد وافق المركز على المساهمة في تمويل تنفيذ هذه الدراسة والتي بدأت الدراسة خلال عام ٢٠٠٣ بنشاطات كثيرة،

حيث تم اختيار منطقة البادية الشمالية الشرقية لإجراء الدراسة ومن ثم وبعد زيارات ومسوحات ميدانية متعددة تم اختيار تجمعين سكانيين في منطقة الدراسة وهما روضة الأمير علي (أبو الفرث) وقرية نايفة لتنفيذ وإنشاء وحدات معالجة المياه الرمادية وإعادة استخدامها.

١-٢ الهدف والفئة المستهدفة

إن إدارة المياه الرمادية على مستوى المنزل واستدامة عمل وحدات معالجة المياه الرمادية في تجمعات السكانية الصغير وإنتاجها لمياه ذات نوعية جيدة يستفاد منها في الزراعة المنزلية وبدون التسبب بأخطار صحية أو بيئية تعتمد بشكل مباشر على وعي صاحب المنزل وربة البيت و مدى مراقبتهما ومتابعتهما لصيانة نظام المعالجة الموجود في محيط منزلهما. ولهذا السبب تم إعداد هذا الدليل الذي يهدف إلى تقديم إرشادات ومعلومات لسكان منطقة البادية الشمالية الشرقية في الأردن حول كيفية إدارة المياه الرمادية من قبل صاحب المنزل وتوفير معلومات حول:

- نوعية المياه الرمادية.
- الاعتبارات الصحية والبيئية لمعالجة وإعادة استخدام المياه الرمادية.
- الأنظمة المستخدمة في معالجة المياه الرمادية في منطقة الدراسة.
- بعض المشاكل المتعلقة بأنظمة المعالجة وكيفية التغلب عليها.
- أنظمة الري المناسبة لإعادة استعمال المياه الرمادية.
- النباتات والأشجار التي يلائم ريُّها بالمياه الرمادية.

****

الباب الثاني

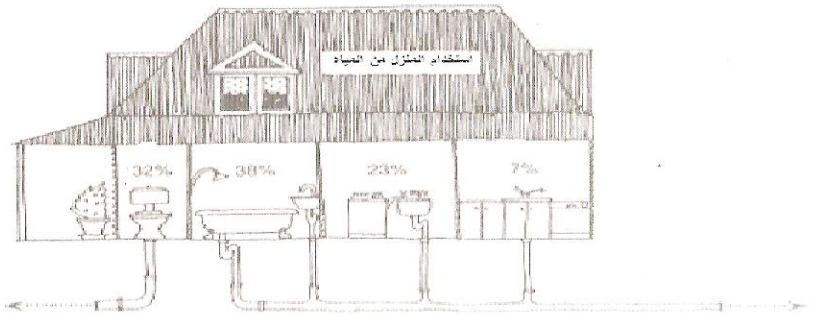
خصائص المياه الرمادية

٢-١ التعريفات

- منطقة الدراسة: هي تجمعات سكانية صغيرة بعيدة عن مراكز المُدن وغير مخدومة بشبكات الصرف الصحي العامة (يقصد بها في هذا الدليل تجمعات البادية الشمالية الشرقية في الأردن أو أية تجمعات تنطبق عليها نفس الظروف).
- المياه الرمادية : هي المياه الناتجة من المنزل باستثناء مياه المراحيض. أي أنها المياه المستعملة داخل المنزل والناتجة من المطبخ والمغسلة وحوض الاستحمام والغسالات وأحواض الغسيل.
- مصدر مائي دائم: هو مصدر مائي متوفر دائماً بدون انقطاع.

٢-٢ الهدف من معالجة وإعادة استخدام المياه الرمادية

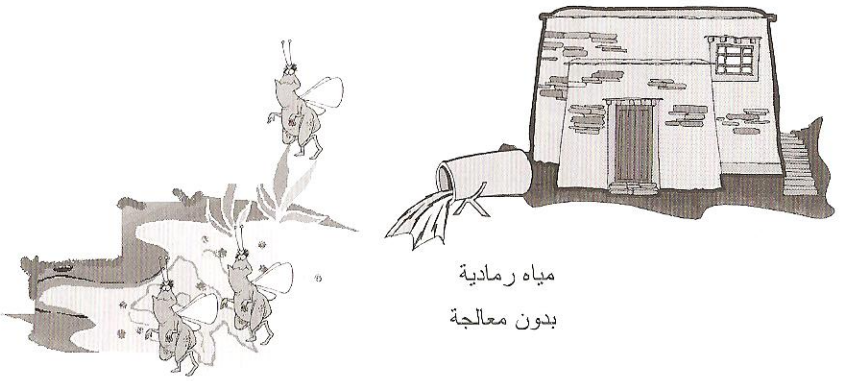
- تشكل المياه الرمادية (٥٠-٨٠%) تقريباً من مجموع كمية المياه العادمة الناتجة من المنزل أي أنها تشكل النسبة الأكبر من المياه المستعملة داخل المنزل.
- استخدام المياه الرمادية بعد معالجتها في ري الأشجار المحيطة بالمنزل كالزيتون مثلاً يقلل من الطلب على مصادر المياه العذبة التي تستخدم لهذا الغرض.



المياه الرمادية المياه السوداء

الشكل رقم (١): مصادر المياه الرمادية

- فصل المياه الرمادية واستخدامها بعد معالجتها يقلل من كميات المياه التي يتم تصريفها للحفر الامتصاصية وبالتالي يقلل من فرص امتلاء الحفرة ومن دورية نضح الحفرة (تفريغها) مما يؤدي إلى خفض التكلفة المترتبة على النضح.
- معالجة المياه الرمادية تمنع من تكاثر الحشرات والقوارض. ففي حالة فصل المياه الرمادية عن السوداء وتصريفها خارج المنزل قد تتجمع المياه الرمادية حول المنزل مسببة روائح كريهة وتكاثراً للحشرات.



مياه رمادية
بدون معالجة

الشكل رقم (٢): تصريف المياه الرمادية خارج المنزل بدون معالجة يسبب التلوث.

- معالجة المياه الرمادية في التجمعات السكانية الصغيرة (غير المخدومة بشبكات الصرف الصحي) ضروري لتحسين نوعية المياه بحيث تصبح صالحة لأغراض ري أشجار الزيتون والأشجار الأخرى.
- إن المياه الرمادية غنية بالعناصر الغذائية (مثل الفوسفور والنيتروجين والبوتاسيوم) واللازمة لنمو النباتات. وبالتالي فإن استخدام المياه الرمادية يقلل من الحاجة إلى إضافة الأسمدة للتربة مما يؤدي إلى خفض التكلفة المادية المترتبة على شراء هذه الأسمدة.

٢-٣ كمية المياه الرمادية

تتنوع كمية المياه الرمادية الناتجة عن المنزل بناء على عوامل عديدة منها: طبيعة المجتمعات (مجتمع حضري أو ريفي أو بدوي) وعدد الأفراد الذين يعيشون في المنزل وأعمار الأفراد ونمط حياتهم، كما تعتمد على نمط استهلاك المياه وأثمان المياه. فعلى سبيل المثال وجد أن معدل إنتاج المياه الرمادية في البادية الشمالية الشرقية في الأردن (مجتمع بدوي) يتراوح ما بين ٥ إلى ١٣ ليتر/ اليوم/للفرد كما بينت دراسة مشروع الإدارة المتكاملة للمياه العادمة في التجمعات السكانية الصغيرة في الأردن وكما هو موضح في الجدول رقم (١) في حين وجد أن معدل كمية المياه الرمادية الناتجة عن المنازل في عمان (مجتمع حضري) يساوي تقريباً ٥٩ لتراً/اليوم/الفرد كما هو موضح في الجدول رقم (٢) كما أظهرت التي قام بها بعض الباحثين في الجامعة الأردنية.

الجدول رقم (١): كمية المياه الرمادية الناتجة عن ثلاثة منازل في روضة الأمير علي/منطقة البادية الشمالية الشرقية.

المنزل	مصدر المياه الرمادية	كمية الاستهلاك (لتر/يوم/ الفرد)
الأول	مطبخ	٩,٨
	استحمام ،غسيل، شطف، مغسلة	٨,٩
	المجموع	١٨,٧
الثاني	كل المياه الرمادية (استحمام وغسيل وشطف ومغسلة ومطبخ)	١٣,٢
الثالث	مطبخ	٤,٧
	غسيل، شطف، استحمام	٥,٥
	مغسلة	١,٧
	المجموع	١١,٩

الجدول رقم (٢): معدل كمية المياه الرمادية الناتجة عن المنازل في عمان حسب مصادر المياه الرمادية (الجمرة، ٢٠٠٦)

مصدر المياه الرمادية	كمية المياه الرمادية (لتر / يوم/ الفرد)
مغسلة اليدين	٢٨
مياه الاستحمام (الدش والبانيو)	٢١
المطبخ	–
الغسيل	١٠
المجموع	٥٩

٢-٤ نوعية المياه الرمادية

نوعية المياه الرمادية تختلف وتتنوع حسب المجتمع، كما أن هذه النوعية تختلف من يوم إلى آخر في المنزل الواحد حسب نشاطات أفراد ذلك المنزل. تحتوي المياه الرمادية عادة على بعض الملوثات أو المكونات الفيزيائية والكيميائية والجرثومية مثل الدهون وبقايا الطعام ومساحيق الغسيل والشعر والتي تحد من إمكانات إعادة استخدامها مباشرة ودون معالجة.

إن أبرز ما يؤثر على نوعية المياه الرمادية هو طبيعة المجتمع وأنماط استهلاك المياه، فمثلاً نوعية المياه الرمادية الناتجة من المناطق الحضرية تختلف عنها في تجمعات البادية.

٢-٥ المحتوى الكيميائي للمياه الرمادية

يختلف المحتوى الكيميائي للمياه الرمادية حسب طبيعة المجتمع وسلوكه ونمط استهلاكه للمياه. فمثلاً استهلاك المياه في المناطق الحضرية كعمان مرتفع (مقارنة باستهلاك المياه في مجتمعات البادية) مما يقلل من تراكيز الملوثات في المياه الرمادية الناتجة. وبالمقابل فإن استهلاك المياه مثلاً في مناطق البادية في الأردن قليل جداً مما يزيد من تركيز الملوثات والمواد العضوية في المياه الرمادية وكما هو موضح في الجدول رقم (٣).

الجدول رقم (٣): المحتوى الكيميائي للمياه الرمادية في مناطق ذات بيئات اجتماعية مختلفة.

المقياس	البادية الشمالية الشرقية[1] (مجتمع بدوي)	عمان (مجتمع حضري) (الجمرة، ٢٠٠٦)
المواد الصلبة TSS (ملغم / لتر)	٤١٠ – ١٧٨٩	٥٤–٤١٩
الأوكسجين المستهلك حيوياً (BOD_5) ملغم /لتر	٥٤٤ – ١٦٤٨	٤٨–١٣٥
أمونيا (ملغم /لتر)	٤,٥ – ١٨١	–
النيتروجين الكلي (ملغم / لتر)	٣٨ – ٣٨٣	٦–١٤
الفوسفات الكلي (ملغم /لتر)	٩ – ٣٤	٠–٢٢
الكبريتات (ملغم /لتر)	٣٠ – ٢٣٤	–
الأس الهيدروجيني	٥,٤ – ٨,٣	٧,٥١–٨,٠٨
التوصيلية الكهربائية (ميكروسيمنز /سم)	٨٥٩ – ٢٨١٢	٧٥٠–٤٤٥٠
الصوديوم (ملغم /لتر)	٩٩ – ٣٤٣	١٠٧–١٢٦

من الجدول السابق يتبين أن المياه الرمادية في التجمعات السكانية الصغيرة في الأردن (مثل منطقة البادية الشمالية الشرقية) تتميز بارتفاع في تراكيز المواد الصلبة العالقة والمواد العضوية، ويعزى ذلك بشكل أساسي إلى نمط الحياة في مثل هذه المجتمعات وإلى أنماط ومعدلات استهلاك المياه.

٢-٦ المحتوى الجرثومي للمياه الرمادية

يُستخدم عدد بكتيريا القولون المحتملة للحرارة كمؤشر لنوعية المياه الرمادية من الناحية الجرثومية أي أنه كلما كان عدد بكتيريا القولون المحتملة للحرارة في المياه الرمادية كبيراً فإن هذا يعطي مؤشراً على ازدياد فرص الإصابة بالأمراض عند التماس المباشر معها لذلك تصبح عملية المعالجة مُلحّة وضرورية.

[1] نتائج مشروع الإدارة المتكاملة لمياه الصرف الصحي في التجمعات السكانية الصغيرة

إن عدد بكتيريا القولون المحتملة للحرارة في المياه الرمادية عادة ما يكون مرتفعاً وهو أعلى من المواصفات والمقاييس المسموح بها دولياً لإعادة الاستخدام لأغراض الري. ومن الجدير بالذكر أن معظم المراجع بما فيها الأسترالية والأوروبية تُظهر أن المياه الرمادية تحتوي على أعداد كبيرة من هذا النوع من بكتيريـــا القولون (الجدول رقم ٤). وقد أجريت دراسات كثيرة في شمال وجنوب الأردن خلُصَت إلى وجود أعداد كبيرة من بكتيريا القولون المحتملة للحرارة.

الجدول رقم (٤): عدد بكتيريا القولون المحتملة للحرارة في عدد من دول العالم.

المنطقة	مصدر المياه الرمادية	عدد بكتيريا القولون المحتملة للحرارة (MPN/100ml)
ألمانيا (Nolde, 1999)	مياه الاستحمام والغسالات	10^{4}–10^{6}
استراليا (Jepperson & Solly 1996)	مياه الاستحمام	10^{2} – 10^{4}
الأردن / منطقة البادية الشرقية (الجمعية العلمية الملكية، ٢٠٠٥)	مياه الاستحمام والغسيل والمطبخ والشطف	8×10^{4} – $3,5 \times 10^{6}$
الأردن/ منطقة البادية الشرقية (الجمعية العلمية الملكية، ٢٠٠٥)	مياه المطبخ	5×10^{4} – $1,6 \times 10^{7}$
الأردن / سكن طالبات الجامعة الأردنية (٢٠٠٣)	مياه الغسالات والدوش	$3,4 \times 10^{4}$ – $1,6 \times 10^{5}$

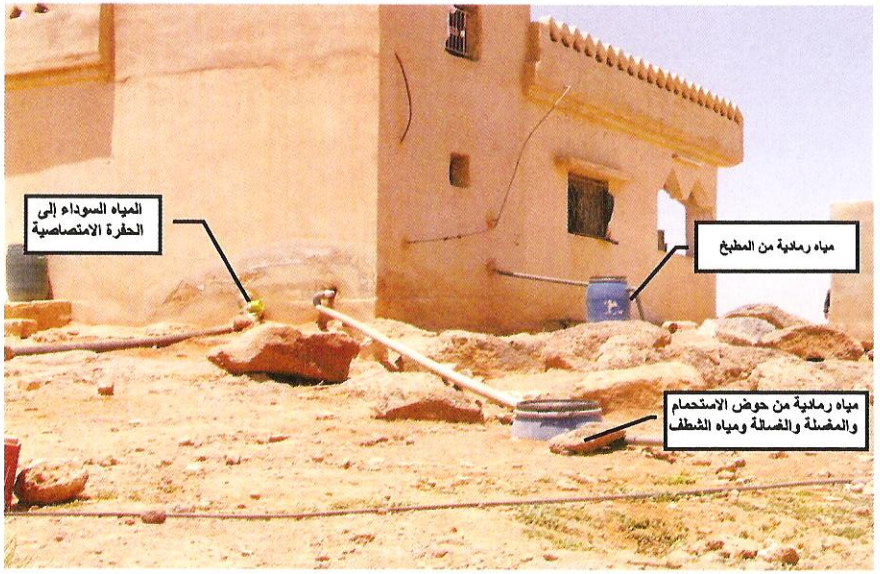
****

الباب الثالث

طرق فصل ومعالجة المياه الرمادية

٣-١ فصل المياه الرمادية عن المياه السوداء

تُفصل المياه الرمادية عن المياه السوداء داخل المنزل بإستخدام أنابيب بلاستيكية PVC لا يقل قطرها عن ٤انش، ويتم تمديد الخط إلى نقطة تتجمع فيها المياه الرمادية لأغراض المعالجة كما هو موضح في الشكل رقم (٣).



الشكل رقم (٣): فصل المياه الرمادية

٣-٢ معالجة المياه الرمادية

عند اختيار نظام معالجة المياه الرمادية يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار كمية المياه الرمادية ونوعيتها. ففي التجمعات السكانية الصغيرة مثل منطقة البادية الشمالية الشرقية في الأردن والتي تتميز المياه الرمادية فيها بارتفاع تراكيز المواد العضوية والمواد الصلبة والزيوت والدهون، يجب أن يكون نظام المعالجة قادراً على تحقيق الشروط التالية والمتعلقة بكفاءة المعالجة واحتياجات التشغيل والصيانة وتكلفة نظام المعالجة:

- كفاءة المعالجة
  - القدرة على التخلص وبنسب مرتفعة من المواد العضوية والمواد الصلبة العالقة وبكتيريا القولون المحتملة للحرارة والزيوت والدهون.
  - القدرة على تحمل الأحمال العضوية والهيدروليكية المفاجئة وظروف التدفق المختلفة.
- احتياجات الصيانة والتشغيل والتكلفة المادية
  - عدم إنبعاث روائح كريهه من وحدة المعالجة.
  - بساطة الوحدة نسبياً وقدرة المستخدم العادي على تركيبها وتشغيلها وإجراء أعمال الصيانة الدورية لها (عدم الحاجة إلى مهارات تشغيل وصيانة عالية).
  - ملاءمة كلفة الإنشاء والتشغيل مع الوضع الاقتصادي.

٣-٢-١ أنظمة معالجة المياه الرمادية في منطقة البادية الشمالية الشرقية

بعد إجراء مراجعة شاملة لأنظمة المعالجة المتبعة في عدة دول في العالم، وعند مطابقة المعايير التي اعتُمدت من لجنة الخبراء المحليين (لجنة تم تشكيلها ضمن فعاليات مشروع الإدارة المتكاملة لمياه الصرف الصحي في التجمعات السكانية الصغيرة في الأردن) على هذه الأنظمة تبين أن نظامي حوض التجميع المتبوع بالفلتر

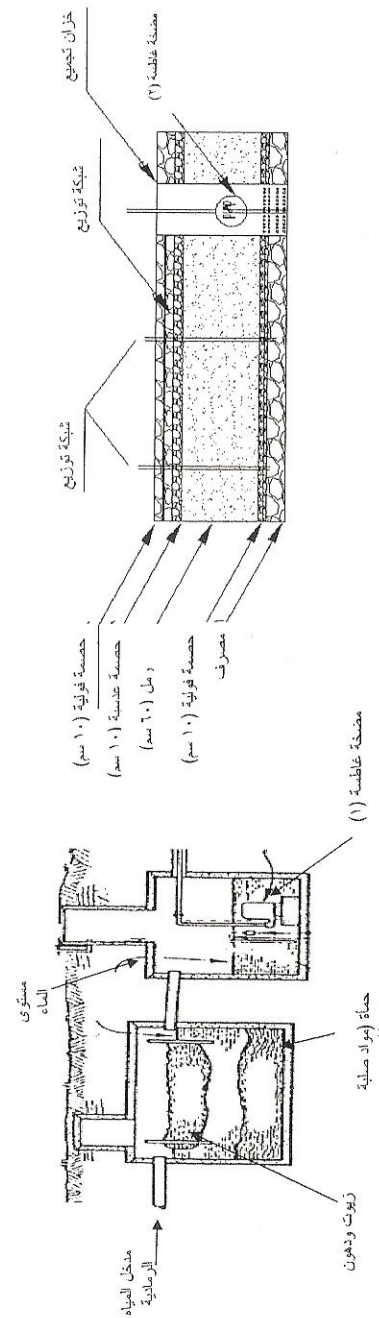
الرملي متقطع التدفق ومفاعل الحمأة اللاهوائي ملائمين للاستخدام في معالجة المياه الرمادية في التجمعات السكانية الصغيرة في البادية الشمالية الشرقية في الأردن، وقد تم تطبيق هذين النظامين فعلا في المنطقة. وفيما يلي شرح مختصر لهذين النظامين.

٣-٢-٢ حوض التجميع المتبوع بفلتر رملي متقطع التدفق (Septic Tank/Intermittent Sand Filter)

الشكل رقم (٤) يبين الرسم التوضيحي لحوض التجميع المتبوع بفلتر رملي متقطع التدفق. وفيما يلي وصف عام لآلية عمل وحدة حوض التجميع المتبوع بفلتر رملي.

وصف عام

- ☐ تدخل المياه الرمادية وتتجمع في حوض التجميع.
- ☐ تمكث المياه في الحوض فترة من الوقت (تعتمد على حجم الحوض) بحث تكون كافية لترسيب (٣٠-٤٠%) من المواد الصلبة العالقة وأكسدة لا هوائية لجزء من المواد العضوية.
- ☐ يرتفع مستوى الماء في حوض التجميع ثم تنساب المياه إلى حوض تزويد.
- ☐ يتم ضخ المياه من حوض التزويد إلى الفلتر الرملي باستخدام مضخة غاطسة (١).
- ☐ تجمع المياه الخارجة من الفلتر في خزان تجميعي وتضخ بواسطة مضخة غاطسة (٢) إلى الأشجار في الحديقة المنزلية.



الشكل رقم (٤): رسم توضيحي لحوض التجميع المتبوع بفلتر رملي

فلتر رملي منقطع التدفق

حوض تزويد

حوض تجميع

إنشاء الوحدة

- ☐ يتم عمل حفرة تتسع لحوض التجميع وحوض التزويد.
- ☐ يتم وضع حوض التجميع في الحفرة الأولى ووصل خط المياه الرمادية على هذا الحوض.
- ☐ يتم ربط حوض التجميع مع حوض التزويد بواسطة أنابيب تربط الحوضين من الجزء العلوي من كلا الحوضين كما هو موضح في الصور أدناه. يتم استخدام بعض القطع المطاطية وشدات الوصل والمفف لتوصيل الأنابيب بالخزانات. (يمكن استخدام القطع المطاطية المبتكرة من قبل الشبكة الإسلامية لتوصيل الأنابيب مع الأحواض في حال توفرها في المنطقة).
- ☐ يوضع في حوض التزويد مضخة غاطسة (١) لتضخ المياه إلى الفلتر الرملي.
- ☐ يتم عمل مهرب لحوض التزويد وذلك لتصريف المياه الرمادية في حال تعطل المضخة وانعدام التزويد.
- ☐ يتم عمل حفرة أخرى تتسع للفلتر الرملي. يتم عمل حفرة الفلتر الرملي بعمق ١,١ متر وبطول وعرض يتناسبان مع حجم المياه المتدفقة من المنزل حسب ما هو مبين في الجدول رقم (٥).
- ☐ يتم تجهيز حفرة الفلتر الرملي بإزالة أي أحجار أو زوايا حادة. قد يكون من المستحسن عمل قصارة لجوانب الحفرة أو بناء لبن على جوانب الحفرة من الداخل.
- ☐ يتم تغطية أرضية وجوانب الحفرة بغطاء بلاستيك متين وغير منفذ ويتم التأكد من عدم وجود ثقوب تؤدي إلى تسرب المياه عبر الغطاء.

١

٢

٣

- ☐ يتم وضع خزان صغير داخل حفرة الفلتر وبحيث يكون الخزان مثقب من الجوانب وبارتفاع يبلغ ٢٠سم من أرضية الخزان وكما هو موضح في الصور أدناه.
- ☐ يتم زرع أنابيب تهوية في الفلتر.

- ☐ يتم فرد طبقة من الحصمة الفولية بارتفاع ١٠ سم على أرضية حفرة الفلتر المغطاة بالبلاستيك.
- ☐ يتم فرد طبقة أخرى من الحصمة العدسية فوق الطبقة السابقة وبارتفاع ١٠سم أيضاً.
- ☐ يتم فرد طبقة من الرمل وبارتفاع ٦٠سم فوق الطبقة السابقة.

٤

٥

٦

- ☐ يتم فرد طبقة أخرى من الحصمة العدسية فوق الطبقة السابقة وبارتفاع ١٠سم أيضاً.
- ☐ يتم وضع شبكة توزيع فوق الطبقة السابقة. تتكون شبكة التوزيع من أنابيب مزودة بثقوب متباعدة عن بعضها بمسافة ٢٥ سم.
- ☐ تكون شبكة التوزيع متصلة مع حوض التزويد بواسطة أنبوب المضخة الغاطسة (١).
- ☐ يتم فحص شبكة التوزيع بضخ المياه في هذه الشبكة.
- ☐ يتم فرد طبقة نهائية من حصمة الفولية بارتفاع ١٠ سم بحيث تغطي شبكة التوزيع. ويتم وضع مضخة غاطسة(٢) داخل خزان التجميع الموجود في الفلتر لتضخ المياه المعالجة على الأشجار.
- ☐ يتم ضبط العوامات المتصلة بالمضخات بحيث تعمل على ضخ المياه أولا بأول وبما لا يسمح بتجمع المياه في الخزانات.

٧

٨

٩

متابعة التشغيل

متابعة تشغيل وحدة الفلتر الرملي سهلة وبسيطة ولا تتطلب الكثير من الجهد. ويقترح على صاحب المنزل القيام بما يلي لضمان عمل الفلتر بشكل جيد:

- ☐ الكشف الدوري على المضخات والمحابس للتأكد من عدم وجود فقاعات هواء في المضخة وعدم انغلاق أو تلف المحابس.
- ☐ التأكد من عدم انقطاع التيار الكهربائي عن المضخات.
- ☐ تتبع صدور روائح من الوحدات.
- ☐ مقارنة المياه الداخلة والخارجة من وحدة المعالجة.
- ☐ الكشف على أنابيب المياه الرمادية للتأكد من عدم تجمع المواد الصلبة فيها وانسدادها.
- ☐ ملاحظة مؤشرات لتجمع المواد الصلبة بين حبيبات الرمل والحصمة في الفلتر (مثل تجمع المياه على سطح الفلتر).
- ☐ ملاحظة مؤشرات تعطل المضخات مثل خروج المياه عن طريق مهرب حوض التزويد.
- ☐ تنظيف حوض التزويد مرة كل ثلاثة أشهر.
- ☐ إزالة طبقة الدهون عن وجه المياه في حوض التجميع بشكل دوري (مرة كل شهرين).
- ☐ إزالة المواد المترسبة في قاع حوض التجميع بشكل دوري (مرة كل سنة).
- ☐ غسل الفلتر الرملي مرة كل ستة أشهر
- ☐ إزالة طبقة الرمل من الفلتر وغسلها وتهويتها مرة سنة.

الجدول رقم (٥) بعض المشاكل التي قد تظهر خلال تشغيل وحدة حوض التجميع المتبوع بالفلتر الرملي والحلول المقترحة

المشكلة	الحل المقترح
تجمع المياه الرمادية في الخطوط بسبب عدم توفر ميلان مناسب للخطوط.	عمل ميلان في الخطوط تضمن انسياب المياه الرمادية وعدم تجمعها.
ارتداد روائح داخل المنزل بسبب عدم وجود سيفونات على المغاسل والمجلى.	تزويد المغاسل والمجلى بسيفونات.
انسداد أنابيب المياه الرمادية بسبب الدهون وبقايا الطعام والشعر.	وضع مصافي على المجلى والمغاسل وحوض الاستحمام.
إغلاق مفتاح تشغيل المضخات.	الحد من السماح للأطفال وللعابثين بالاقتراب من موقع وحدة المعالجة.
دخول هواء في المضخات العادية (غير الغاطسة).	إزالة الفقاعة بفتح زر التهوية الموجود في المضخة.
ميلان رداد المضخة العادية الموجود في حوض التجميع مما يؤدي إلى سحب هواء مع الماء	تقويم الرداد بحيث يبقي قائم.
ارتفاع منسوب المياه فوق سطح الفلتر بسبب انسداد الفلتر.	غسل الفلتر وإزالة ٣-٥ سم من طبقة الرمل السطحية.
انسداد الثقوب في شبكة التوزيع في الفلتر.	ضخ مياه نظيفة في شبكة التوزيع.

تحديد حجم ومساحة وحدة الفلتر الرملي

يتم أنشاء وحدة الفلتر الرملي بحيث تلبي المتطلبات اللازمة لمعالجة المياه الرمادية الناتجة عن استهلاك الأسرة، ولكي يتحقق ذلك لابد من تحديد حجم أحواض التجميع والتزويد وتحديد المساحة السطحية للفلتر الرملي وذلك بالاعتماد على كميات المياه الرمادية التي تعتمد بشكل مباشر على عدد أفراد الأسرة، وكما هو مبين في الجدول رقم (٦) المبين أدناه.

الجدول رقم (٦) حجم ومساحة وحدة الفلتر الرملي لمنازل مختلفة

عدد أفراد الأسرة	كمية المياه الرمادية (١٤٠لتر/الفرد)	حجم حوض/ خزان التجميع (لتر)	حجم برميل التزويد (لتر)	مساحة الفلتر الرملي	عدد أنابيب شبكة التوزيع	التباعد بين أنابيب التوزيع (سم)	عدد الثقوب في أنبوب التوزيع الواحد والتباعد بينها	حجم حوض/ برميل التجميع النهائي (لتر)
(منزل واحد) ١٠ أفراد	١٤٠٠	١م٣	٣٠٠ لتر	٢م ٣ X م	٦ أنابيب بطول ٣م	٣٥ سم	١٢ بتباعد ٢٥ سم	٩٦
منزلين (١٥ فرد)	٢٠٠٠	١م٣	٣٠٠ لتر	٣,٢X٢,٥ م	٧ أنابيب بطول ٣,٢ م	٣٠سم	١٤ بتباعد ٢٢سم	١٢٥
ثلاث منازل (٢١ فرد)	٣٠٠٠	١م٣	٣٠٠ لتر	٢,٥ X٥م	٧ أنابيب بطول ٥ م	٣٠سم	٢١ بتباعد ٢٣سم	١٢٥
أربع منازل (٣٠ فرد)	٤٢٠٠	١م٣	٦٠٠ لتر	٣,٥X٥ م	٩ أنابيب بطول ٥	٣٥ سم	٢٣ بتباعد ٢١ سم	١٥٠

* يراعى أن يكون عدد مرات الضخ من حوض التزويد للفلتر ٤ مرات/ اليوم بمكن التحكم بعدد مرات الضخ بوضع جهاز مؤقت Timer يرتبط مباشرة مع المضخة الغاطسة (١) الموجودة في حوض التزويد.

** إن أحجام الخزانات والبراميل الواردة في هذا الجدول هي حسبما هو متوفر في السوق المحلي

كفاءة المعالجة في وحدة حوض التجميع المتبوع بالفلتر الرملي

تمتاز وحدة وحدة حوض التجميع المتبوع بالفلتر الرملي بالكفاءة العالية في إزالة المواد الصلبة العالقة والأحمال العضوية والملوثات الجرثومية، حيث أثبت تشغيل هذه الوحدة أن كفاءتها تتعدى الـ ٩٠%. الجدول رقم (٧) يبين كفاءة وحدة الفلتر الرملي في معالجة المياه الرمادية في منطقة البادية الشمالية الشرقية.

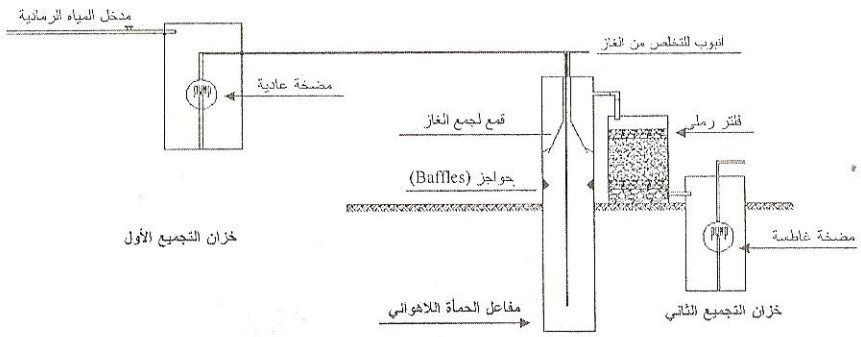
الجدول رقم (٧) كفاءة وحدة الفلتر الرملي في معالجة المياه الرمادية في منطقة البادية الشمالية الشرقية

نوع الموثات	الوحدة	المواصفة الأردنية رقم (٢٠٠٦/٨٣٩) لزراعة المحاصيل الحقلية والصناعية والأعلاف	المياه الرمادية الخارجة من المنزل	المياه المعالجة في الحوض الصحي	المياه المعالجة في الفلتر الرملي	الكفاءة الكلية لوحدة المعالجة (%)
الاكسجين الممتص حيويا	ملغم/ ليتر	٣٠٠	١١٨١,٦٧	٤٣٧,٩٠	٥٨,٧١	٩٥
الأكسجين الممتص كيميائيا	ملغم/ ليتر	٥٠٠	٢٢٤٨,٠٠	٩٥١,٤٦	١٦١,٠٦	٩٣
المواد الصلبة العالقة	ملغم/ ليتر	٣٠٠	٦٠٨,٧٥	٢٠٥,٦٩	٣١,٢٩	٩٥
الزيوت والشحوم	ملغم/ ليتر	٨	١٥٨,٦٠	١٧,١٦	٨,٠٠	٩٥
المنظفات	ملغم/ ليتر	١٠٠	٢٦,٧٣	٣٩,٣٠	١٢,٤٨	٥٣
النترات	ملغم/ ليتر	١٠	٤٦,٥٠	٢,٢٠	٠,٩٣	٩٨
الأمونيا	ملغم/ ليتر	-	٥٢,٧١	٩٩,٥٦	٥٠,١٨	٥
النيتروجين الكلدالي	ملغم/ ليتر	-	١١١,٨٢	١٠٨,١٣	٤٩,٥٣	٥٦
النيتروجين الكلي	ملغم/ ليتر	١٠٠	٢١١	٢١٠	١٠١	٥٢
الفسفور الكلي	ملغم/ ليتر	٣٠	١٩,٧	١٩,٠	٨,٤	٥٧
الايشيرشيا كولي	العدد الاحتمالي الأكبر/١٠٠مل	-	٢١٧٢	١٠ *٥,٨٦ ٥	٢٢٧	٩٠

٣-٢-٣ مفاعل الحمأة اللاهوائي (UASB)

وصف عام (الشكل رقم ٦)

- ☐ المفاعل اللاهوائي عبارة عن اسطوانة بقطر معين (يعتمد على كمية ونوعية المياه الداخلة).
- ☐ تُوضع كمية من الحمأة اللاهوائية في أسفل هذه الاسطوانة.
- ☐ يُسمح للمياه الرمادية بالدخول للاسطوانة من الأسفل حيث ترتفع تدريجياً داخل الاسطوانة.
- ☐ تُثبّت حواجز لمنع ارتفاع الحمأة مع الماء.
- ☐ تُوضع بعض الألياف الإسفنجية في القسم العلوي من الاسطوانة لتقليل كمية المواد الصلبة الخارجة.



الشكل رقم (٥): رسم توضيحي لمفاعل الحمأة اللاهوائي.

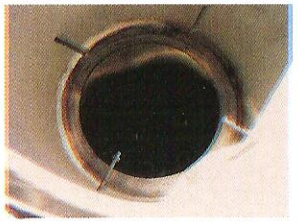
إنشاء الوحدة

- ☐ يتم فصل المياه الرمادية وتجميعها في خزان تجميعي أول.
- ☐ يتم تجهيز أسطوانة بقطر ٤٠سم وارتفاع ٢ متر لتعمل كمفاعل (يمكن استعمال الأنابيب الإسمنتية المستخدمة في إنشاء شبكات تصريف المياه العادمة لهذا الغرض)، حيث يتم عمل فتحة في جدار الاسطوانة بقطر ٢ إنش وعلى بعد ١٥سم من أعلى الأسطوانة ويتم تزويد هذه الفتحة بأنبوب (يعمل هذا الأنبوب

كمخرج للمياه الرمادية). كما يتم عمل قاعدة مستوية للمفاعل. تجدر الإشارة هنا إلى أن الأسطوانة بالأبعاد المذكورة تكفي لمعالجة ٣٠٠ لتر في اليوم.

- ☐ يتم تفصيل غطاء محكم للأسطوانة يتم تثبيته ببراغي في أعلى الأسطوانة. يتم تزويد الغطاء بفتحة في المركز بقطر ٢انش (تستعمل هذه الفتحة لتمرير أنابيب المياه الرمادية وأنابيب تجميع الغاز).
- ☐ يتم تثبيت حلقة على محيط الأسطوانة من الداخل وعلى بعد ٦٠سم من أعلى الأنبوبة ويكون عرض الحلقة ٥ سم حيث تعمل هذه الحلقة كحاجز لمنع ارتفاع الحمأة ودخولها في حيز الترسيب.

١



٢

٣

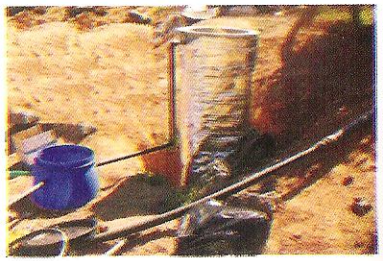
- ☐ يتم تفصيل قمع بقطر سفلي مقداره ٣٠ سم وقطر علوي مقداره ٥ سم وارتفاع ٣٠ سم. يوضع هذا القمع داخل الأسطوانة بحيث يرتكز على قوائم جانبية مثبتة في الأسطوانة.
- ☐ تثبت الأسطوانة على القاعدة بشكل رأسي وبحيث يكون منسوبها أدنى من منسوب الخزان التجميعي الأول بـــ ٢,٥ متر على الأقل ليسمح بانسياب المياه الرمادية بشكل طبيعي وبشكل لا يسمح بتجمع المياه الرمادية في الخطوط.
- ☐ إذا كانت طبيعة الأرض لا تسمح بانسياب المياه الرمادية بطريقة طبيعية عندئذ يتم تجميع هذه المياه في خزان تجميع أول مزود بمضخة غاطسة تضخ المياه الرمادية للمفاعل أوتوماتيكيا على دفعات صغيرة تحدد حسب منسوب العوامة الأوتوماتيكية.
- ☐ يوضع القمع داخل الأسطوانة ومن ثم يحكم إغلاق الغطاء بتثبيت البراغي.

٤

٥

٦

- ☐ يمرر أنبوب المياه الرمادية عبر الفتحة في مركز الغطاء بحيث يصل الأنبوب إلى أدنى مستوى من الأسطوانة وعلى بعد ٢٠ سم من القاع. كما يمرر أنبوب تجميع الغاز عبر فتحة الغطاء أيضا.
- ☐ يتم سد أي فراغ حول الفتحة في غطاء الأسطوانة بحيث يمنع خروج أي غاز أو ماء من الأسطوانة عبر هذه الفراغات.
- ☐ يتم تصريف المياه الرمادية المعالجة في الاسطوانة إلى خزان (برميل) فلتر يحتوي على طبقات من الحصمة الناعمة والرمل الخشن، حيث سيعمل هذا الخزان كفلتر للمياه المعالجة فيحسن نوعيتها. (يمكن استخدام مادة التوف البركاني المتوفرة بشكل كبير في المنطقة).
- ☐ يتم تجميع المياه الرمادية المعالجة الخارجة من الفلتر في خزان تجميع ثاني ليتم استخدامها لأغراض الري.
- ☐ يزود خزان التجميع الثاني بمضخة متصلة بعوامة أوتوماتيكية ومتصلة مع شبكة ري بحيث تضخ المياه الرمادية المعالجة من الخزان إلى شبكة الري مباشرة وعلى دفعات تحدد حسب منسوب العوامة الأوتوماتيكية.



٧

٨

متابعة التشغيل

متابعة تشغيل وحدة مفاعل الحمأة اللاهوائي سهلة وبسيطة ولا تتطلب الكثير من الجهد وقد تقتصر على متابعة المضخة في خزان التجميع في حال وجوده وتنظيف خزان التجميع من حين لآخر حسب ما يراه صاحب المنزل وتبعا لما يلي:

- ☐ الكشف الدوري على المضخة والمحابس.
- ☐ تفريغ جزء من الحمأة (المواد المترسبة في أسفل المفاعل) مرة كل سنة.
- ☐ التأكد من عدم انقطاع التيار الكهربائي عن المضخات.
- ☐ تتبع صدور روائح من الوحدات.
- ☐ مقارنة المياه الداخلة والخارجة من الأسطوانة.
- ☐ الكشف على أنابيب المياه الرمادية للتأكد من عدم انغلاقها.
- ☐ غسل الفلتر الرملي.

تحديد حجم وحدة مفاعل الحمأة اللاهوائي

يتم أنشاء وحدة مفاعل الحمأة اللاهوائي بحيث تلبي المتطلبات اللازمة لمعالجة المياه الرمادية الناتجة عن استهلاك الأسرة، ولكي يتحقق ذلك لابد من تحديد حجم المفاعل بالاعتماد على كميات المياه الرمادية والأحمال العضوية الموجودة في المياه التي تعتمد بشكل مباشر على عدد أفراد الأسرة، وكما هو مبين في الجدول رقم (٨) المبين أدناه.

الجدول رقم (٨) حجم وحدة مفاعل الحمأة اللاهوائي لمنازل مختلفة

عدد أفراد الأسرة	كمية المياه الرمادية المحتملة (لتر/اليوم)	حجم خزان التجميع الأول (لتر)	قطر الأسطوانة (سم)	ارتفاع الأسطوانة (متر)	حجم برميل الفلتر (لتر)	حجم خزان التجميعي الثاني (لتر)
(منزل واحد) ١٠ أفراد	١٤٠	٦٠	٣٠	١,٦٥	٤٢٠	١٤٥
منزلين (١٥ فرد)	٢٠٠	١٤٥	٣٥	١,٧٥	٤٢٠	١٤٥
ثلاث منازل (٢١ فرد)	٣٠٠	١٤٥	٤٠	٢,٠٠	٤٢٠	١٤٥
أربع منازل (٣٠ فرد)	٤٢٠	٣٠٠	٥٠	١,٨٠	٤٢٠	٣٠٠

كفاءة المعالجة في مفاعل الحمأة اللاهوائي

تمتاز وحدة مفاعل الحمأة اللاهوائي بالكفاءة العالية في إزالة المواد الصلبة العالقة والأحمال العضوية حيث أثبت تشغيل هذه الوحدة أن كفاءتها تتعدى الـ ٧٥%. الجدول رقم (٩) يبين كفاءة وحدة مفاعل الحمأة اللاهوائي في معالجة المياه الرمادية في منطقة البادية الشمالية الشرقية.

الجدول رقم (٩) كفاءة وحدة مفاعل الحمأة اللاهوائي في معالجة المياه الرمادية في منطقة البادية الشمالية الشرقية

نوع الموثات	الوحدة	المواصفة الأردنية رقم (٢٠٠٦/٨٣٩) لزراعة المحاصيل الحقلية والصناعية والأعلاف	المياه الرمادية الخارجة من المنزل	المياه المعالجة في مفاعل الحمأة	المياه المعالجة في فلتر الحجر البركاني	الكفاءة الكلية لوحدة المعالجة (%)
الاكسجين الممتص حيويا	ملغم/ ليتر	٣٠٠	١٠٥٠,٦٧	٢٩١,٠٠	٢٢٣,٠٠	٧٩
الأكسجين الممتص كيميائيا	ملغم/ ليتر	٥٠٠	٢٠٣٠,١٣	٧٦١,٢٩	٤٢٨,٥٠	٧٩
المواد الصلبة العالقة	ملغم/ ليتر	٣٠٠	٥٩٦,٠٠	١٣٦,٨٦	٧٩,٥٠	٨٧
الزيوت والشحوم	ملغم/ ليتر	٨	١٣٦,٤٥	٧٥,٨٠	٨,٠٠	٩٤
المنظفات	ملغم/ ليتر	١٠٠	٣٧,١٢	١٣,٧٢	١١,٢٧	٧٠
النترات	ملغم/ ليتر	١٠	٢,٥٨	٠,٠٢	٠,٦٨	٧٤
الأمونيا	ملغم/ ليتر	–	٥,١٧	٥,٠٩	٤,١٣	٢٠
النيتروجين الكلداللي	ملغم/ ليتر	–	٣٥,٨٤	١٤,٩٠	١٥,٠٣	٥٨
النيتروجين الكلي	ملغم/ ليتر	١٠٠	٤٤	٢٠	٢٠	٥٤
الفسفور الكلي	ملغم/ ليتر	٣٠	١١,٩	٤,١	٢,٤	٤٢

٣-٣ إعادة استخدام المياه الرمادية المُعالجة في التجمعات السكانية الصغيرة

إن استخدام المياه الرمادية المُعالجة في ري الأشجار المحيطة بالمنزل يُعد سلوكاً تنموياً وحضارياً متميزاً ، إذ أن إعادة استخدام هذا النوع من المياه في الزراعة سوف يضيف قيمة جمالية للموقع كما يعطي قيمة لهذه المياه بعد أن كانت تُشكّل عبئ على صاحب المنزل. كذلك فإن هذا الأمر سوف يقلل من استهلاك المياه العذبة التي كانت تُستخدم في ري الأشجار المُحيطة بالمنزل. ومن الجدير بالذكر أن المياه الرمادية تُعتبر مصدراً مائياً مُستداماً يفوق حتى الحصاد المائي والآبار الجوفية إذ أن إنتاج المياه الرمادية يكون على مدار السنة وبدون انقطاع.

٣-٣-١ الأشجار والنباتات التي تُروى بالمياه الرمادية

- الزيتون: وهو الشجر السائد في التجمعات السكانية الصغيرة في الأردن، إذ أن معظم أصحاب المنازل يزرعون أشجار الزيتون حول المنزل ويستغلون زيته وثمره على نطاق المنزل وأحياناً على نطاق تجاري.
- أشجار الفاكهة المختلفة: مثل التفاحيات واللوزيات والرمان، وهذا النوع من الأشجار غير سائد في منطقة الدراسة إلا أن نوعية المياه الناتجة عن استخدام وحدة حوض التجميع المتبوع بالفلتر الرملي المتقطع صالحة لري مثل هذا النوع من الأشجار.
- المحاصيل العلفية (كالبرسيم) ونباتات الزينة (كالورد والحصلبان وغيرها) .
- الأشجار الحرجية (كالسرو، الصنوبر، البلوط، العرعر وغيرها) والتي قد تُستخدم كمصدات رياح وخاصة في مناطق البادية الشمالية الشرقية حيث أن المنازل تكون معرضة للرياح المحملة بالغبار مما يسبب إزعاجاً لكثير من قاطني تلك المناطق.

٣-٣-٢ أسلوب الري بإستخدام المياه الرمادية المُعالجة:

يعتمد أسلوب الري بالمياه الرمادية المُعالجة على:

١. نوعية المياه المُعالجة (كفاءة وحدة المُعالجة المستُخدمة): عند استخدام الفلتر الرملي المسبوق بأحواض التجميع ومفاعل الحمأة اللاهوائي في المعالجة فإن نظام الري بالتنقيط هو النظام الأمثل للاستخدام وذلك منعا للأخطار الصحية وتجنبا لفقد جزء من المياه نتيجة التبخر وخاصة في مناطق البادية الشمالية الشرقية حيث درجة الحرارة المرتفعة والرياح الجافة.

٢. نوع النبات المُراد سقايته بالمياه الرمادية المُعالجة:

☐ الزيتون والأشجار المثمرة والأشجار الحرجية وأشجار الزينة المختلفة: الري بالتنقيط هو أفضل الأساليب لري هذه النوع من النباتات.

☐ المحاصيل العلفية: يُناسبها الري بالرشاشات ويمكن استخدام الري بالتنقيط أيضاً.

الباب الرابع

الاعتبارات الصحية والبيئية والتشريعية لإعادة استخدام المياه الرمادية في التجمعات السكانية الصغيرة

٤-١ مقدمة

إن استدامة عمل وحدات معالجة المياه الرمادية في تجمعات السكانية الصغير وإنتاجها لمياه ذات نوعية جيدة يستفاد منها في الزراعة المنزلية وبدون التسبب بأخطار صحية أو بيئية تؤثر سلبا على صحة الناس والبيئة يعتمد بشكل مباشر على مدى مراقبة ومتابعة صيانة صاحب المنزل لنظام المعالجة الموجود في محيط منزله ويعتمد على مراعاة صاحب المنزل للاعتبارات الصحية والبيئية لإعادة استخدام المياه الرمادية.

٤-٢ الاعتبارات الصحية لإعادة استخدام المياه الرمادية المعالجة

فيما يلي أهم النقاط التي يجب أن تُراعى للحفاظ على صحة المجتمع عند استعمال المياه الرمادية في التجمعات السكانية الصغيرة وفق ما تمخضت عنه الدراسة:

- عدم استخدام المياه الرمادية بدون معالجة لاحتوائها على ملوثات عضوية وجرثومية.
- عدم استخدام المياه الرمادية المعالجة لري الخضار التي تؤكل نية والتي يمكن أن تلامس المياه الرمادية عند ريها (مثل البندورة والخس والبقدونس والنعنع وغيرها) .
- يُفضّل أن يكون مكان إعادة استخدام المياه الرمادية بعيد عن أماكن تردد الأطفال والمارة.

- عدم ملامسة المياه الرمادية بشكل مباشر قبل المعالجة وبعدها خشية التعرض لبعض المسببات المرضية وغسل الأيدي بالماء والصابون في حال الملامسة.
- عند استخدام المياه الرمادية لري أشجار الزيتون والفاكهة المختلفة يجب تجنب حدوث تماس مباشر مع الثمار.
- استخدام أسلوب الري بالتنقيط هو أسلم وأفضل طرق الري للمياه الرمادية.
- عند قطف ثمار الأشجار المروية بمياه رمادية (سواء أشجار الفواكهة أو الزيتون) يجب غسل هذه الثمار جيدا قبل الاستهلاك.
- يجب وضع لافتات في المنطقة التي تُستخدم فيها المياه الرمادية بحيث تشير إلى أنشطة لإعادة استخدام للمياه الرمادية في هذه المنطقة .

٤-٣ الاعتبارات البيئية لإعادة استخدام المياه الرمادية

فيما يلي أهم النقاط التي يجب أن تُراعى لتحسين نوعية المياه الرمادية الخارجة من المنزل:

- يجب عدم غسل ملابس الأطفال الملوثة بالفضلات في مصدر المياه الرمادية ومحاولة غسلها في حوض منفصل ثم التخلص منها مع المياه السوداء إلى الحفرة الامتصاصية.
- تجنب استخدام كميات كبيرة من المنظفات ومساحيق الغسيل وسائل الجلي ومحاولة استخدامها على قدر الحاجة.
- تجنب استخدام المبيضات والمنظفات الحارقة " كالفلاش مثلا " إلا عند الضرورة وبكميات محدودة جدا والتوجه إلى استخدام المنتجات الرفيقة بالبيئة.
- تجنب تخزين المياه الرمادية قبل المُعالجة وبعدها لمنع تكاثر البكتيريا وانبعاث روائح كريهة، ويفضل وضع ماسورة تهوية تسمح للروائح بالخروج وخاصة في أحواض التجميع التي قد تُخزّن فيها المياه.

- استخدام حوض التجميع المتبوع بالفلتر الرملي المتقطع أو مفاعل الحمأة اللاهوائي لمعالجة المياه الرمادية في التجمعات السكانية الصغيرة يُنتج مياه ذات نوعية جيدة صالحة لري الأشجار المثمرة والمحاصيل العلفية ونباتات الزينة.
- يجب أن يكون نظام معالجة المياه الرمادية نظاماً مُغلقاً كما هو الحال في أحواض التجميع والفلتر الرملي المتقطع أو مفاعل الحمأة اللاهوائي لتجنب انبعاث أي روائح أو تكاثر للحشرات.

٤-٤ الاعتبارات التشريعية لإعادة استخدام المياه الرمادية

لا يوجد حاليا مواصفات أو تشريعات خاصة تحكم إعادة استخدام المياه الرمادية سواء المعالجة أو غير المعالجة في المملكة الأردنية الهاشمية، إلا أنه يمكن الاستنارة بالمواصفة القياسية الأردنية رقم (٢٠٠١/٨٩٣) والخاصة بإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة، كما يمكن الاستنارة بإرشادات منظمة الصحة العالمية للاستخدام الآمن للمياه الرمادية والمخلفات البرازية في الزراعة والبيئة المائية.

****

البـــاب الخامس

٥-١ الخلاصة

إن معالجة المياه الرمادية وإعادة استخدامها فكرة حضارية وتنموية تساهم في تقدم المجتمع ونموه من خلال المحافظة على مصادر المياه والتخفيف من تلوث البيئة. من خلال ما ورد ذكره يمكن استنتاج ما يلي:

١. المياه الرمادية تعتبر مصدراً مائياً مُستداماً ومُفيداً إذا ما تم التعامل معه بطريقة ملائمة.
٢. إن إتباع الإرشادات الصحية والفنية والبيئية عند معالجة المياه الرمادية وإعادة استخدامها سوف يُرجّح عدم حدوث أية مشاكل بيئية أو صحية.
٣. المياه الرمادية غير المعالجة والصادرة عن التجمعات السكانية الصغيرة في الأردن تحتوي على ملوثات كيميائية وجرثومية بنسب عالية تحتم ضرورة معالجتها قبل الاستخدام.
٤. من خلال تجارب محلية مختلفة تبين أن نظامي حوض التجميع المتبوع بفلتر رملي منقطع ومفاعل الحمأة اللاهوائي يُعتبران نظامان ملائمان لمعالجة المياه الرمادية في التجمعات السكانية الصغيرة في البادية الشمالية الشرقية من الأردن، وبالتالي يمكن إعادة استخدام المياه الرمادية المعالجة لري أشجار الزيتون والأعلاف.
٥. إن استدامة عمل وحدات معالجة المياه الرمادية في التجمعات السكانية الصغير وإنتاجها لمياه ذات نوعية جيدة يستفاد منها في الزراعة المنزلية وبدون التسبب بأخطار صحية أو بيئية يعتمد بشكل مباشر على مدى مراقبة ربة المنزل لنوعية المياه الرمادية الخارجة من منزلها ويعتمد على مدى متابعة صاحب المنزل لصيانة نظام المعالجة الموجود في محيط منزله ويعتمد كذلك على مراعاة صاحب المنزل للاعتبارات الصحية والبيئية لإعادة استخدام المياه الرمادية.

٥-٢ المصادر :

1. Department of Statistics, 2002, "Statistical Yearbook", Jordan.
2. Faruqui, N. & Al-Jayyousi, O., 2003, "Greywater reuse in urban agriculture for poverty alleviation". Water International, 27 (3): 387-394.
3. Jamrah,A. Al-Omari, A. Al-Qasem, L. Abedl Ghani, N. 2006, "Assessment of Availability and Characteristics of Greywater in Amman", International Water Resources Association. 31(2), 210-220.
4. Nolde, E. 1999. " Greywater Reuse System for Toilet Flushing in Multi Story Building- Over Ten Years of Experience in Burlin". Urban Water, 1: 275-284.
5. Jepperson, B. and Solly, D. 1996. "Model Guidelines For Domestic Greywater Reuse For Australia". Research Report No. 107". Urban Research association, Brisbane City Council.
6. APHA, AWWA, and WEF, 1998, "Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 20th edition", USA.
7. Burnat, J., 1997, "On-site Wastewater Treatment, Disposal and Re-use: Treatment Strategies for the Unsewered Areas in the West Bank", M.Sc. Thesis, IHE, Delf.
8. World Health Organization, Eastern Mediterranean Regional Office, Regional Center for Environmental Health Activities, 2000, proceedings of the "Technical Expert Consultation on Appropriate and Innovative Wastewater Management for Small Communities in EMR Countries", Jordan.

٩. محاضرات الدورة التدريبية الإقليمية " إعادة استعمال المياه الرمادية في ري الحدائق المنزلية لذوي الدخل المحدود" ١٠-١٤ آذار ٢٠٠٢، نادي ضباط القوات المسلحة. دمشق، الجمهورية العربية السورية.

١٠. يوم علمي حول المياه الرمادية واستعمالاتها . ٣٠ تشرين أول ٢٠٠٢ ، مجمع النقابات المهنية، عمان، الأردن.