ISSN: 2706-6495

الجدوى الاقتصادية لإعادة تدوير مياه الصرف الرمادية في المنازل (دراسة حالة بدولة الكويت)

The Economic Feasibility of Household Wastewater Recycling

A Case Study in the State of Kuwait)

الباحث/ فهد عبد الرحمن حسن الكندري

الهيئة العامة للتعليم التطبيقي والتدريب، دولة الكويت

Email: Kanderi.77@gmail.com

الباحث/ عيسى سلمان بن عيسى

الهيئة العامة للتعليم التطبيقي والتدريب، دولة الكويت

Email: es.essa@paaet.edu.kw

ملخص البحث:

بعد ظهور النفط بدولة الكويت ودخولها نهضة اقتصاديه نتيجة ارتفاع عائدات النفط نتج عن ذلك حركة بناء واعمار شاملة ومع الوقت ذادت مساحات البناء وازدياد السكان واتجاه الكثير الي الهجرة والاستقرار في الكويت لوجود فرص عمل بها وارتفاع الدخل، كل هذا ادى الي زيادة معدل استهلاك المياه. فكان لزاما على الحكومات المتعاقبة انتهاج سياسات تواكب هذا التطور والبحث عن حلول لها فتم استخدام محطات لإنتاج واستخراج المياه الجوفية وانشاء محطات تحلية مياه البحر إلا انه مازالت الكثير من الحلول ممكنه في التفكير بها لحل هذه المشكلة. تبحث هذه الورقة البحثية عن حلول مقترحة وهى اعادة تدوير المياه لاستخدامها في اغراض منزليه مره اخرى وقد تحدثت الكثير من الابحاث علي ذلك إلا ان القليل منها تحدثت عن جدوى استخدامها في الكويت من حيث تكلفتها الاقتصادية وهل هي متقاربه اقتصاديا مع حلول اخرى يمكن مقارنتها بها ، فتطرق بحثى الي معدل استهلاك الفرد من المياه والكميه التقديرية للمياه الرمادية المستهلكة وتكلفة اعادة التدوير ثم اتجه البحث الي تحديد سعر التكلفة لتركيب منظومة اعادة التدوير والمدة الزمنية التي من خلالها يمكن تعويض تركيب الوحدة مقارنتا بالاستهلاك العادي بدون تدوير وبتالي تضمن البحث جدوى اقتصادية لعملية اعادة التدوير ليأتي مكملا لأبحاث اخرة تحدثت عن جدوى استخدامها التقني، وانتهى البحث الي وجود بعض العوائق لتنفيذ هذا الاسلوب من اعادة التدوير منها احتياجه لمساحات واسعه و تغيير كامل في شبكات الصرف الصحي واحتياجه الدائم الي عمليات صيانه. الا انه يفضل استخدامه في حالة الري الزراعي بل له مردود جيد.

الكلمات المفتاحية: المياه الرمادية، اعادة التدوير، المرشحات، انظمة المياه، ترسيب المياه

ISSN: 2706-6495

The Economic Feasibility of Household Wastewater Recycling

A Case Study in the State of Kuwait)

Abstract:

After the emergence of oil in the State of Kuwait and its entry into an economic renaissance as a result of the rise in oil revenues, this resulted in a comprehensive construction and reconstruction movement. With time, the building areas increased, the population increased, and a lot of people tended to migrate and settle in Kuwait due to the presence of job opportunities there and the rise in income, all of which led to an increase in the rate of water consumption. It was necessary for successive governments to adopt policies that keep pace with this development and search for solutions to them, so plants were used to produce and extract groundwater and establish seawater desalination plants, but there are still many solutions that can be thought of to solve this problem. This research paper searches for proposed solutions, which is recycling water for use in domestic purposes again, and many researches have talked about this, but a few of them talked about the feasibility of using it in Kuwait in terms of its economic cost and whether it is economically close to other solutions that can be compared with it. My research to the per capita consumption of water, the estimated amount of gray water consumed and the cost of recycling, then the research directed to determining the cost price for the installation of the recycling system and the time period during which the unit installation can be compensated compared to the normal consumption without recycling, and thus the research included the economic feasibility of the recycling process to come as a complement Other research talked about the feasibility of its technical use, and the research concluded that there are some obstacles to implementing this method of recycling, including the need for large areas, a complete change in sewage networks, and its constant need for maintenance operations. However, it is preferable to use it in the case of agricultural irrigation, but it has a good yield.

Keywords: Gray water, Recycling, Filters, Water systems, Water sedimentation

ISSN: 2706-6495

مقدمة البحث:

تنتشر جملة " قطرة ماء تساوى حياة "في اوساط البلدان التي تعد من البلدان فقيرة الموارد المائية وهي جملة تعبيريه على اهمية المياه في انقاذ حياة الافراد فلا حياة بدون ماء وقد أكد ذلك القرآن الكريم بقول الله تعالى " وجعلنا من الماء كل شيء حي افلا يؤمنون " سورة الانبياء الآية 30 ولذلك فالماء عنصر مهم في مجالات التنمية الزراعية والصناعية وهو يفوق في أهميته الاستراتيجية أهمية أي عنصر طبيعي آخر إذ أن وجوده أو عدمه يعني ببساطة الحياة أو الموت. ومن الحقائق المذهلة إن مياه البحار والمحيطات تشكل 97.5 %من مجموع المياه فوق سطح الأرض، وأن المياه العذبة تشكل فقط 2.5%، وأن أكثر من نصف كمية المياه العذبة بالقطبين الشمالي والجنوبي، وبالتالي فإن المستثمر عمليا لكل مظاهر الحياة التي نعرفها أقل من ١ %من مجموع المياه المتاحة. (عبد الصبور، ممدوح فتحي 2000 صفحت 33) هذا يجعلنا نبحث عن وسائل واساليب لاستغلال كمية المياه المهدرة من عمليات الاستهلاك ولعل لفظ اعادة التدوير كان مرتبطا بتدوير النفايات وهو مصطلح جديد تم طرحة مؤخرا وهو مصطلح يختصّ عادةً بالنفايات، كإعادة تدوير علب الألمنيوم، والزجاجات، والصحف، وغيرها، ولكنه أيضاً يشمل إعادة تدوير المياه، أي إعادة استخدام مياه الصرف الصحي بعد معالجتها لأغراض مفيدة، مثل: الري الزراعي، والمناظر الخضر، والعمليات الصناعية، والبناء، وغيرها، حيث تعطي إعادة تدوير المياه وفرة في الموارد والمال. وتتطلب المياه المعاد تدويرها للري معالجةً أقلّ من المياه المعاد تدويرها للشرب، وهناك بعض الدول مثل أستراليا وسنغافورة وبعض الولايات الأمريكية تستخدم هذه المياه في الشرب، ولم يبلّغ حتى الآن على أي حالات موثقة تخصّ المشكلات الصحية. (علي، احمد حسن 2018) وقد يتسأل البعض عن ما مدى الجدوى في اعادة تدوير المياه وهل هي مجديه من عدمه وذلك من ناحية التكلفة او العملية التقنية ذات نفسها، ان عملية تدوير الماء لها دور هام في منح أمل جديد للحياة فالماء الموجود حسب الدراسات لا يكفي سوى لمدة مئة عام فقط و أن نسبة الأمطار تقل من عام إلى عام، وأن العثور على الآبار والعيون أصبح أمر أصعب ما يكون (مصطفى، اسماء السيد 2019) وقد ظهر مؤخرا مفاهيم مرتبطة بعملية التدوير منها علاقة عملية التدوير بالبيئة اذ بينت بعض الدراسات ان المياه المعاد تدويرها تحمل صفات خاصة لتحسين جودة الأراضي الزراعية ويمكن استخدام عملية التدوير في خلق مناظر خلابة للطبيعة مثل مياه النافورات وحث المؤسسات الصناعية علي افضلية استخدام المياه المعاد تدويرها فضلا عن المياه الاخرى واستخدام هذه المياه في عمليات التنظيف والبناء هكذا تبدو فكرة استخدام المياه المعاد تدويرها (مصطفى، مؤمن 2020) ولعل المتابع اخبار العالم يلحظ ثمة نزاعات سياسيه ناشئة علي المياه واحقيتها ومقدارها في التوزيع كمثل النزاع القائم بين مصر واثيوبيا حول احقية ومقدار حصص الماء، وتجدر الاشارة الى أن معالجة مياه الصرف الصحي تعد من أهم سبل التغلب على نقص موارد المياه في دولة ذات طبيعة صحراوية مثل الكويت، حيث أن النقص في موارد المياه العذبة أصبح هاجسا كبيرا ليس فقط كنقص مياه الشرب التي هي أساس الحياة، وإنما ينسحب التأثير أيضا على العديد من الأنشطة الحياتية المهمة كالإنتاج الزراعي والصناعي. و الكويت ليست بمعزل عن العالم في مجابهة مشكلة نقص المياه بل ظلت تعاني بسبب موقعها الجغرافي ومناخها الصحراوي الذي جعلها تتعرض مع دول المنطقة الأخرى للعديد من مشكلات نقص المياه بسبب التغيرات المناخية التي تسببت في نضوب العديد من الموارد الحيوية ومنع تجددها كما أن مشكلة المياه تؤثر في العالم كافة حتى أن التوقعات المستقبلية تشير إلى احتمال نشوب حروب ونزاعات على موارد المياه ما حدا بمنظمة الأمم المتحدة إلى تخصيص يوم من كل عام لتسليط الضوء على مشكلة المياه وإيجاد الحلول لها ومن المؤكد إن المياه المهدرة ومعالجتها أحد الحلول المهمة

ISSN: 2706-6495

لمشكلة شح المياه التي تعمل الكويت لأجله عبر مؤسسات الدولة وتحرص دولة الكويت من خلال الاستعانة بالمختصين في هذا المجال على توعية المستهلك للتعريف بهذه المشكلة. وهناك توجه للاستفادة من المياه المعالجة، لأن الاحتياج للمياه في زيادة مطردة يقابله نقص في مصادرها كما أن التطور الصناعي أثر سلبا على مصادر المياه بسبب تصريف المخلفات الصناعية في البحار، ويمكن الاستفادة من مياه الصرف الصحي لتحقق عددا من الحلول الإيجابية المزدوجة سواء في إعادة تدويرها او استخدامها في شتى المجالات مما يحافظ على احتياطي المياه وتقليل التكلفة وزيادة الموارد المائية والتقليل من مخاطر التلوث البيئي.

مشكلة البحث:

تكمن مشكلة البحث في الاجابة على التساؤلات الآتية:

- هل من الافضل اقتصاديا استخدام عمليات تدوير المياه في الكويت
- هل تصلح عملية التدوير للمياه في كل الاستخدامات مثل الري الزراعي والعمليات الصناعية
- هل تصلح البنية التحتية لدولة الكويت لتنفيذ وحدة عمليات تدوير بالمنشآت السكنية

هدف البحث:

ان الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تسليط الضوء على العامل الاقتصادي وجدواه في استخدام عملية تدوير المياه وهل هو ملائم مقارنتا بنظم اخرى ام لا. وعلاوة على ذلك نحاول استعراض لطرق التدوير ودراسة انسب طريقة تلائم البيئة الكويتية.

منهج البحث:

في ضوء طبيعة الدراسة والأهداف التي تسعى إلى تحقيقها، تمّ استخدام المنهج الوصفيّ التحليليّ، الذي يعتمد على دراسة الواقع أو الظاهرة كما هي في الواقع، ويهتمّ بوصفها وصفاً دقيقا، ويعبّر عنها تعبيراً كيفيّاً بوصفها وتوضيح خصائصها، وتعبيرا كمّيّاً بوصفها رقميّا بما يوضّح حجمها ودرجات ارتباطها بالظواهر الأخرى. وبذلك تمّ استخدام المنهج الوصفيّ التحليليّ لهذه الدراسة، والذي ركّز على وصف وتحليل البيانات المعروضة.

إطار البحث:

سوف يتم العمل في البحث على جزئيين كل منهما مكمل للأخر

الجزء الاول: وهو إطار نظري تمهيدي يسرد ويمهد مفهوم ومعاني ومفردات الدراسة

الجزء الثاني: وهو إطار تطبيقي لوصف الظاهرة تظهر فيه حلول للأهداف المطروحة وتحقيق مشكلة البحث.

الإطار التمهيدي للبحث:

ونستعرض في هذا الجزء المفاهيم والمفردات المتعلقة بنص البحث وقد اوجزتها في البنود الأتية:

- انواع مياه الصرف
- الانظمة الرئيسية لشبكات الصرف داخل المسكن الخاص

ISSN: 2706-6495

- المتطلبات الأساسية لنظم معالجة المياه الرمادية
- أنظمة ادارة ومعالجة المياه الرمادية
- التحكم في مصادر المياه الرمادية
- استخدامات المياه الرمادية المعالجة

1. انواع مياه الصرف

مياه الصرف الصحي للمنازل:

هي المخلفات السائلة او مياه تأثرت نوعيتها سلبا نتيجة استعمالها في المنازل. وفي الدراسة تم تقسيمها الى مياه سوداء ورمادية.

*** المياه السوداء:**

هي مياه الصرف الصحي الناتجة من المراحيض.

*** المياه الرمادية:**

هي مياه الصرف الصحي الناتج من المغاسل والمطابخ واحواض السباحة.

*** شبكه الصرف الصحي:**

هي شبكه الانابيب التي يتم من خلالها تصريف المياه الى المنهل الرئيسي

2. الانظمة الرئيسية لشبكات الصرف داخل المسكن الخاص

يعد نوع نظام الصرف الصحي المستخدم في المنازل عامل أساسي ومؤثر في نجاح عملية معالجة مياه الصرف الرمادية للمنازل. حيث ان هناك أكثر من نظام مستخدم في منازل السكن الخاص ولا يمكن تطبيق نظام معالجة الصرف الرمادية لجميع أنظمة الصرف الصحي. لهذا كان من المهم التطرق الى أنظمة مياه الصرف الصحي المستخدمة في منازل السكن الخاص. مع ذكر مميزات وعيوب كل نظام وتأثيرها على نظام المعالجة كذلك سوف اتطرق الى مواصفات أنظمة الصرف الصحي المعتمدة لدى دولة الكويت ومقارنتها مع دولة الامارات مع عمل مسح على شريحة من المنازل في دولة الكويت لدراسة نظام الصرف الصحي المتبع فيها. وقد تم تصنيف هذه الانظمة الي ثلاث

النظام الاول: نظام الماسورة الواحدة المهواة بالكامل

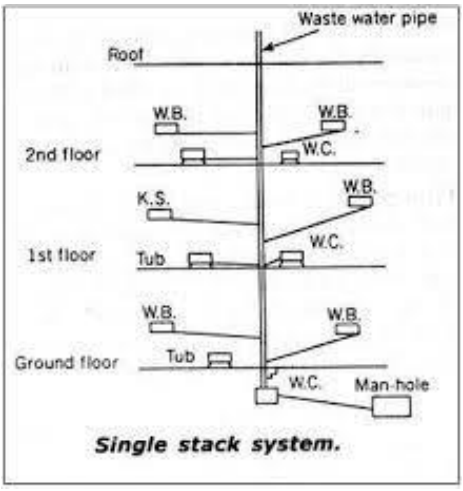
النظام الثاني: نظام الصرف ذات الماسورتين

النظام الثالث: نظام الصرف ذو الثلاث مواسير

النظام الاول: نظام الماسورة الواحدة المهواة بالكامل

يتم في هذا النظام تصريف مياه الصرف السوداء والرمادية في عمود صرف واحد ويكون متصل بها عمود التهوية ويتراوح حجم العمود من 3 الى 6 بوصة وفي الغالب يكون 4 بوصة كما هو موضح بالشكل (1)

ISSN: 2706-6495

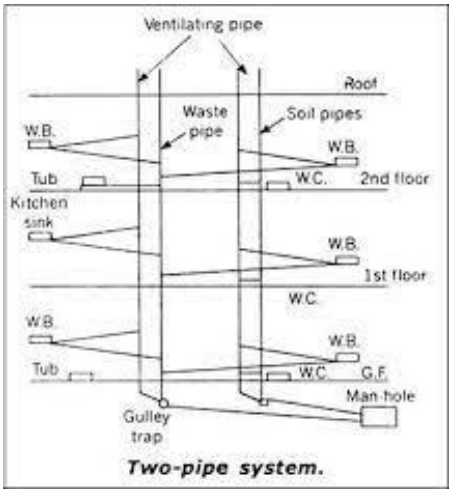


شكل رقم (1) نظام الصرف ذات الماسورة الواحدة المصدر dailycivil.com

ويميز هذا النظام انه اقتصادي واقل تكلفة من باقي الأنظمة وأسهل في التصميم وكذلك أسهل في التنفيذ. ويعيب هذا النظام سعة الصرف اقل من باقي الأنظمة وتوجد خطورة في احتمالية انبعاث الروائح والغازات داخل الحمامات في حال وجود خطأ في التنفيذ. ومن المهم التنبيه ان في هذا النظام لا يمكن تطبيق نظام معالجة مياه الصرف الرمادية لأنها تكون غير منفصلة عن مياه الصرف السوداء.

النظام الثاني: نظام الصرف ذات الماسورتين

يعتبر هذا النظام من الأنظمة التي كانت تستخدم في البدايات وفي هذا النظام توجد ماسورتين واحدة لتصريف المياه الرمادية وفي الغالب تكون قياس من 2 الى 3 بوصه وماسورة أخرى لتصريف المياه السوداء ويكون عادة من مقاس يتراوح بين 3 الى 6 بوصه ويكون متصل بهم عمود التهوية وقد يتم توصيل صرف المياه الرمادية مع خط صرف الامطار ولكن هذا غير مسموح به في دولة الكويت حسب مواصفات وزارة الاشغال وفي الاغلب يتم توصيل ماسورة صرف المياه الرمادية مع خط تصريف المياه السوداء في نهاية الشبكة. وذلك كما هو موضح بالشكل (2) ومن مميزات هذا النظام ان له طاقة تصريف أكبر من نظام الماسورة الواحدة وبه امان أكثر من خطر انبعاث الروائح والغازات وفي حالة هذا النظام يمكن تنفيذ نظام معالجة المياه الرمادية بتكلفة إضافية بسيطة للتمديدات الإضافية المطلوبة. ويعيب هذا النظام ان له تكلفة اعلى من نظام الماسورة الواحدة وكذلك قد تكون هناك بعض الصعوبة في التصميم والتنفيذ.

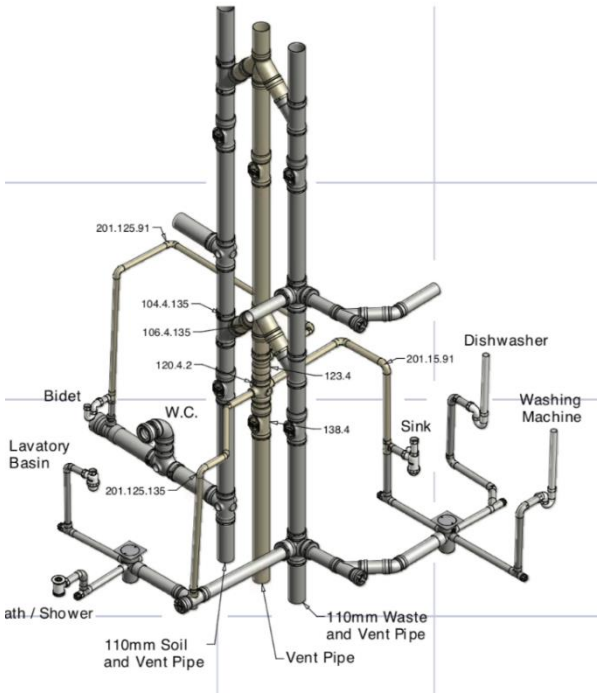


شكل رقم (2) نظام الصرف ذات الماسورتين المصدر dailycivil.com

ISSN: 2706-6495

النظام الثالث: نظام الصرف ذو الثلاث مواسير

وفي هذا النظام يكون هناك ثلاثة مواسير واحده لصرف المياه الرمادية وفي الغالب من مقاس يتراوح بين 2 الى 3 بوصة وماسورة لصرف المياه السوداء ويتراوح من مقاس 3 الى 6 بوصة وهاتين الماسورتين تكون متصلة مع الماسورة الثالثة وهي للتهوية. وذلك حسب الشكل (3) ومميزات هذا النظام ان له طاقة تصريف عالية ويستخدم في الغالب في المباني المرتفعة متعددة الطوابق وهذا النظام يعد الأكثر امانا من حيث خطر انبعاث الروائح والغازات. ومن الممكن في هذا النظام تطبيق نظام معالجة الصرف الرمادية. ويعيب هذا النظام انه الأعلى تكلفة من بين باقي الأنظمة السابقة وكذلك يتطلب جهد أكبر للتصميم والتنفيذ.



شكل رقم (3) نظام الصرف ذات الثلاث مواسير المصدر terry love.Com

3. المتطلبات الأساسية لنظم معالجة المياه الرمادية

♦ **حماية الصحة العامة:** في نظام معالجة المياه الرمادية يجب ان يكون هناك حاجز بين المياه الرمادية الملونة والمياه المستهلكة وكذلك يجب تجنب انبعاث الروائح الكريهة وتجنب ركود المياه حتى لا تكون بيئة خصبه لتكاثر البعوض وتفشي الأمراض.

♦ **حماية البيئة**: يجب ان يكون نظام المعالجة مانع لتلوث مصادر المياه المختلفة (الجوفية والسطحية وخزانات مياه الشرب) وكذلك مصادر مياه الزراعية.

♦ **خصوبة التربة**: في حال استخدام المياه الرمادية بعد معالجتها في الري أو اعادة تغذيتها للمياه الجوفية يجب ان لا يكون لها تأثير على التربة وخصوبتها.

♦ **التقبل الاجتماعي والاقتصادي:** يجب ان يكون النظام المستخدم لمعالجة المياه الرمادية متلائم مع ثقافة وظروف الأسر المستهدفة من الناحية الاقتصادية والثقافية حتى لا تفشل الأنظمة المراد المستخدمة.

ISSN: 2706-6495

♦ **بساطة وسهولة الاستخدام**: يجب ان يكون النظام المراد استخدامه لمعالجه المياه الرمادية المنزلية سهل الاستخدام من قبل المستخدم من الناحية الفنية والتشغيلية وألا يعتمد مصدر الطاقة على الوقود الخارجي او المواد الكيميائية.

♦ **متوافق مع اللوائح الدولية والمحلية**: يجب ان يكون الماء الناتج من نظم المعالجة متوافق مع معايير الجودة العالمية والمحلية حتى لا يكون هناك أي تأثيرات سلبية على الصحة العامة والبيئة والتربة.

4. أنظمة ادارة ومعالجة المياه الرمادية

لا يوجد هناك نظام مثالي لعملية معالجة المياه الرمادية، توجد هناك مجموعه واسعه من انظمة ادارة ومعالجة المياه الرمادية في مختلف أنحاء العالم. ويتعين على الأفراد اختيار النظام الذي يلبي احتياجهم ويكون الاختيار بدعم من أهل الخبرة والاختصاص المحليين .وأحد أشهر خيارات نظم معالجة المياه الرمادية يتمثل في فصل مصادر المياه الرمادية في مجاري مختلفة حيث أن مصادر المياه الرمادية مختلفة ولا يمكن ادارتها بالطريقة نفسها، على سبيل المثال المياه الرمادية الناتجة من المطبخ غالبا ما يتم استبعادها في انظمة المعالجة نظرا لاحتوائها على نسبه عالية من الشحوم والزيوت مما قد يؤدي الى انسداد فلاتر الترشيح. وفي المقابل فان أردنا التعامل مع مختلف مصادر المياه الرمادية سيؤدي الى انظمه معقده ومكلفه لا يمكن ادارتها من قبل أصحاب المنازل والأفراد. وقد يكون تصريف المياه الرمادية الناتجة من المطابخ مع مصارف الصرف الصحي أحد الخيارات المحتملة. وعملية اختيار نوع المياه الرمادية المراد معالجتها واستبعاد البعض الآخر قد يؤدي الى تصريفها بشكل منضبط مما قد يؤثر سلبا على البيئة مما يتعارض مع أهم أسس وأسباب معالجة المياه الرمادية. وبناء على ما سبق يجب ان يشتمل نظام معالجة المياه الرمادية على التدابير اللازمة للتحكم مع مختلف مصادر المياه الرمادية لتجنب استخدام وتصريف المواد الخطرة مثل الزيوت والشحوم والمواد الكيميائية. فعند تجميع المياه الرمادية يجب أن تخضع لمستوى معين من العلاج حسب الغاية منها بما يضمن تقليل التلوث الى مستوى مقبول. حيث يجب أن نعمل مراحل المعالجة للمياه الرمادية على ازالة الملوثات العضوية وتقليل من مستويات المواد الصلبة العالقة والمواد المسببة للأمراض وباقي المواد الخطرة الأخرى. بالنسبة لأنظمة المعالجة للمياه الرمادية على مستوى الأفراد قد تشمل على المعالجة الاولية والثانوية البسيطة التي تهدف الى ازالة بعض الملوثات والمركبات، بحيث يكون النظام مناسب للاستخدام المنزلي.

5. التحكم في مصادر المياه الرمادية

التحكم في مصادر المياه الرمادية هي الطريقة الأكثر فعالية للحد من احتمالات التلوث ولتجنب المشكلات التشغيلية في أنظمة المعالجة وكذلك لخفض تكاليف التشغيل ولضمان الادارة الفعالة الطويلة الأجل لأنظمة معالجة المياه الرمادية. وإليك بعض التدابير المهمة التي يجب على جميع أفراد الأسرة المشاركة بها:

- **تقليل استخدام المياه:**

ويمكن تحقيق ذلك من خلال الجمع بين التدابير التوعوية والتدابير الفنية الاقتصادية. حيث يتزايد عدد الشركات المصنعة للمعدات الموفرة للمياه (مثل الحنفيات وغسالات الملابس وغسالات الصحون والمراحيض وغيرها....) وكذلك يقع على الحكومات مسؤولية في حث الأفراد للتقليل من استخدام المياه وذلك عن طريق التوعية ووضع الحوافز وفرض الرسوم على الكميات المستخدمة في المياه، وتعد مناطقنا (دول الخليج العربي) من المناطق عالية الاستهلاك للمياه.

- تقليل استخدام منتجات التنظيف المختلفة الى الحد الأمثل.

- تجنب تصريف المواد التي تسبب مشاكل مثل الزيت والدهون والمبيضات والمذيبات.

ISSN: 2706-6495

- **استبدال المنتجات الخطرة بالمنتجات الصديقة للبيئة.**

يعتمد تصميم انظمة المعالجة على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه الرمادية، ويمكن التحكم في نسب التلوث هذه وتقليلها عن طريق التحكم بمصادرها من قبل الأسرة. ويمكن حفض هذه المستويات من التلوث بشكل كبير اذا تم تقليل استخدام منتجات التنظيف المنزلية (الشامبو وزيوت الاستحمام والصابون والمنظفات و.....الخ) وكذلك اختبار نوع منتجات التنظيف والكميات المستخدمة له تأثير كبير على نظم المعالجة والبيئة. معظم الصابون الصلب ومساحيق الغسيل الشائعة تحتوي على أملاح الصوديوم والتي تؤدي الى انتاج مياه رمادية عالية الملوحة، وعندما يتم اعادة استخدام المياه الرمادية الناتجة عنها للري تؤدي المياه المالحة الى تمليح التربة وإلحاق الضرر بالمحاصيل الزراعية. لذلك في حال الرغبة في اعادة استخدام المياه الرمادية المعالجة للري يجب استبدال منتجات الصابون والمنظفات المنزلية المحتوية على الصوديوم بمنتجات أخرى تعتمد على البوتاسيوم، حيث أن البوتاسيوم يعمل كسماد ويسهل امتصاص الماء من قبل النباتات.

- **المطهرات** مثل مبيض الكلور فعالة جدا في قتل مسببات الأمراض، لكن لديها تأثيرات ضارة على أنظمة معالجة المياه الرمادية وكذلك على الكائنات الحية في التربة. لذلك يجب تجنب المنظفات وصابون الغسيل التي تحتوي على مواد مبيضه أو مواد غير قابلة للتحلل أو معادن ثقيلة مثل البورون.

لذلك يجب أن يوفر نظام معالجة المياه الرمادية للمنازل المعلومات الكافية للمواد الكيميائية المنزلية الصديقة للبيئة. وللأسف غالبا ما تكون المكونات المذكورة على منتجات التنظيف المنزلية غير واضحة في معظم بلداننا.

وتضع بعض الدول علامات بيئية خاصة لمنتجات التنظيف الصديقة للبيئة. وهنا يجب الإشارة الى المسؤولية والدور الذي يقع عاتق بعض المؤسسات الحكومية والمراكز البحثية المعنية في توعية الأفراد وفي وضع المعايير اللازمة وتصنيف هذه المنتجات للحفاظ على البيئة. ويمكن تقليل محتويات المواد الصلبة في المياه الرمادية الى حد كبير وببساطة في المنازل عن طريق استخدام صفايات وفلاتر مناسبه في أحواض الطبخ والاستحمام والغسالات وغيرها. نظرا لما للدهون والشحوم من تأثير سلبي على نظم معالجه المياه الرمادية فلا ينبغي تصريفها في المغاسل، كذلك يجب تركيب مصائد خاصة للشحوم والزيوت لحماية نظم معالجة المياه الرمادية. وان لم يكن أخذ هذه التدابير اللازمة فعندها يجب عزل المياه الرمادية الناتجة من المطابخ عن مصادر المياه الرمادية الداخلة لنظم المعالجة وربطها والتخلص منها مع مياه الصرف الصحي.

6. استخدامات المياه الرمادية المعالجة

اخر خطوة في نظام معالجة المياه الرمادية هي إعادة استخدمها او تصريفها بشكل آمن عن طريق:

- تصريفها للمياه السطحية من انهار وبرك وبحار
- تصريفها فالتربة او المياه الجوفية
- إعادة استخدامها في انظمة الزراعة والري

الاختيار الأنسب يعتمد بشدة على الوضع المحلي. وعلى الرغم من أن الكثير يعتقدون ان المياه الرمادية ينبغي اعتبارها موردا يعاد استخدامه في الزراعة، فقد لا يكون هذا الخيار هو الأنسب دائمًا في سياقات اجتماعية وثقافية معينة حيث تعتبر المياه الرمادية غير مقبولة أو حيث توجد وفرة في المياه العذبة او في المناطق النائية التي لا تحتوي على أراضي زراعية، وبالتالي قد يكون تصريف المياه المعالجة في المياه السطحية او الجوفية أكثر ملاءمة.

ISSN: 2706-6495

يمكن اعتبار تصريف المياه الرمادية المعالجة، سواء كان ذلك من خلال إعادة شحن المياه الجوفية أو تصريفها في المياه السطحية، خيار إعادة استخدام غير مباشر وطويل الأجل. أيا كان مصير المياه الرمادية المعالجة، فإنه سيؤثر بشكل كبير على نوع ومستوى انظمة المعالجة اللازمة وكذلك التدابير الوقائية اللازمة.

الإطار التطبيقي للبحث:

يرتكز الجزء التطبيقي على ثلاث نقاط

1- دراسة مقارنة ثلاث انظمة لمعالجة المياه الرمادية في ثلاث دول مع تحليل لتلك الأنظمة.
2- دراسة جدوى اقتصاديه لمنزل سكنى بدولة الكويت.
3- عرض ابحاث عن الجدوى الاقتصادية لعملية تدوير المياه الرمادية.

انظمة معالجة المياه الرمادية

يقدم هذا الجزء نظرة عامة على ثلاثة أنظمة مختلفة لمعالجة المياه الرمادية المطبقة في مختلف البلدان. من الجدير بالذكر بانه من المفاجئ أن تكون الأسباب الرئيسية لفشل النظام ناتجة عن نقص الصيانة وفهم المبادئ التشغيلية لسلسلة العلاج. أثناء تنفيذ المشروع، من المهم للغاية التركيز ليس فقط على المعدات الفنية والبنية التحتية ولكن أيضًا على توفير التدريب والمعلومات والارشادات اللازمة لمختلف الفئات المعنية من أفراد ومنشآت.

الحالة الأولى: مونتيفيردي كوستاريكا (Monteverdi, Costa Rica)

خلفية عن المشروع:

مدينة مونتيفيري، الواقعة في ولاية كوستا ريكا في امريكا الوسطى، ذات مناخ استوائي. شهدت المدينة نموا غير اعتيادي خلال العقدين الماضيين لكونها وجه سياحية رائدة في المنطقة. ان الفصل بين مصادر مياه الصرف متعارف عليه في هذه المدينة حيث انه يتم تصريف ومعالجة المياه السوداء في خزانات الصرف الصحي بينما يتم تصريف المياه الرمادية في الشوارع والوديان. نظرا لهذا الوضع الحرج، قام أحد المواطنين المحليين بعرض المتطلبات الضرورية لتطبيق نظام لمعالجة المياه الرمادية وحصل على دعم من المجتمع المحلي.

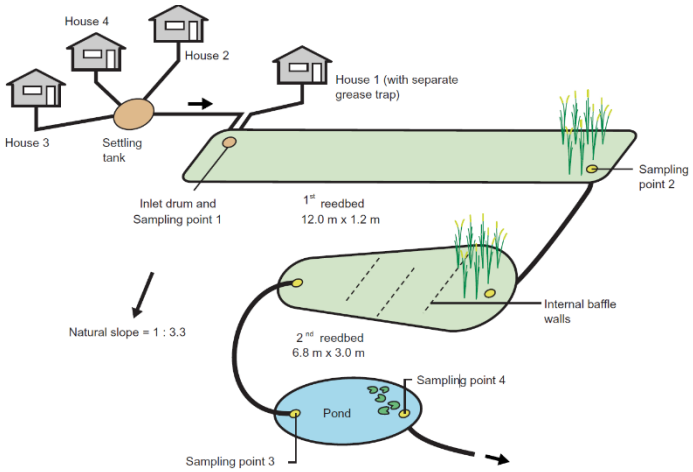
شكل (4) **خزان الترسيب بحتوي على شبكة فولاذية لتسهيل عملية التنظيف**

المصدر www.arsco.org

نظام المعالجة المطبق:

تم تصميم نظام معالجة المياه الرمادية لتلقي المياه من أربعة منازل بمتوسط 4.5 شخص لكل منزل ومتوسط استهلاك المياه 139 لتر لكل شخص لكل يوم. بالتالي يمكن تقدير حجم المياه الرمادية إلى 2500 لتر من المياه الرمادية في اليوم.

ISSN: 2706-6495



شكل (5) خطواط المعالجه
المصدر www.arsco.org

في مرحلة تصميم النظام، تمت إضافة 25 بالمئة كاحتياطي لهذا الرقم. وعلى الرغم من أن ثلاثة منازل فقط تم توصيلها حاليًا بالنظام، إلا أن القياسات تكشف أن حجم المياه الرمادية لا يتجاوز 750 لتر لكل يوم.

تنقل الأنابيب البلاستيكية من نوع PVC، نص قطر 50 و75 مم، المياه الرمادية من المنازل إلى خزان ترسيب خرساني سعة 500 لتر. تسمح سلة فولاذية داخل خزان الترسيب بإفراغ يدوي سهل كما هو مبين في الشكل (4) تتكون خطوة المعالجة الثانوية من فلترين للتحليل البيولوجي والمزينين بالمزروعات كما هو مبين في الشكل ويكون الفلتر الأول مستطيلًا (بطول 12 مترًا، وعرضه 1.2 مترًا (14 مترًا مربعًا) وعمق 0.6 مترًا). الفلتر الثاني له شكل بيضاوي (الابعاد 6.8 و3 و 0.6 متر ومساحة 13 متر مربع). بعد المرور بالفلاتر البيولوجية، تتدفق المياه الرمادية الى حوض بحجم 2.5 متر مكعب يحتوي على نباتات مائية واسماك. تساهم الاسماك في الحد من تكاثر البعوض. الحوض لا يساهم كثيرا في عملية المعالجة لكنه يستخدم بغرض العرض.

قياس مدى الأداء:

ان الاداء العام لنظام المعالجة يعتبر مناسبا، حيث تم اخذ أربع عينات فحص من مواقع مختلفة، وتبين ان جودة المياه في خطوة المعالجة الاخيرة مطابقة للمواصفات المحلية والدولية. ومن ناحية اخرى فإن انتشار الاسماك والضفادع وخلوها من البعوض دليل واضح على ملائمة المياه الرمادية للبيئة المحيطة.

التشغيل والصيانة:

تعتبر عملية إزالة الترسبات يدويا في خزان الترسيب نشاط صيانة ضروري. يتم تنفيذه سنويًا بواسطة المالك بتكلفة 7 دولارات ويتطلب ذلك حوالي ثلاث ساعات عمل. تم دفن الترسبات التي تتم إزالتها في حديقة المالك. تسهل السلة الفولاذية القابلة للإزالة من هذه المهمة بالإضافة الى ان توصيل جميع المنازل بخزان تسوية رئيسي واحد يسهل عملية الصيانة.

تشمل مهام الصيانة الأخرى إزالة الأعشاب الضارة من الفلاتر المزروعة في بعض الأحيان، وتقليم الفروع المتدلية، وإزالة الأوراق والفضلات من البركة، وتخفيف النباتات المائية، كل هذه المهام بسيطة نسبيًا ولا تستغرق وقتًا طويلا.

ISSN: 2706-6495

التكلفة:

تبلغ التكلفة الإجمالية للمشروع 1512 دولار كما هو مبين في الجدول 1 حيث تمثل الحصى 25 بالمئة من مجموع التكاليف.

Table 5-4: Costs for greywater treatment system, Monteverde, Costa Rica

	Quantity	*Cost/unit* USD	*Total* USD	*Percentage*
Crushed rock (delivered)	15 m^3	25	375	24.8%
Plastic liner (2 HFPF and 1 pond)	480 m^2	0.3	145	9.7%
Pipe, fittings and 500-l settling tank	–	400	400	26.4%
Labour	120	2.5	300	19.8%
Tools, transport and misc.	–	–	292	19.3%
Total direct cost			**1,512**	**100%**
Volunteer labour	~50 hours			
Design and monitoring	~150 hours			

جدول التكاليف (1) المصدر Monteverdi, Costa Rica research

تحليل الحالة للمشروع:

لوحظ انسداد مدخل المرشح الأول بعد عامين من التشغيل بسبب صغر عرض الفلتر او عدم إزالة المواد الصلبة والشحوم بشكل كافي في خزان الترسيب. تم اكتشاف تسريب في فلتر الترشيح الثاني نتيجة ضعف التوصيلات مع البطانة المحاطة بالفلتر مما يستدعي اختيار بطانة ذات جودة عالية لاحتضان الفلتر. من الجدير بالعلم ان اختيار بطانة عالية الجودة سيؤدي الى زيادة التكلفة. تتحكم تكلفة التركيب والصيانة بشكل كبير في امكانية استنساخ ونشر هذه الانظمة بالإضافة الى الحاجة للأراضي.

أثر استخدام الصخور المهشمة التقليدية على البناء والتشغيل للأسباب التالية:

- مسؤول عن 25 ٪ من إجمالي التكاليف.
- زيادة تكاليف الصيانة.
- زيادة خطر الانسداد.

الحالة الثانية: كاتماندو، النيبال

خلفية عن المشروع:

في النيبال، هنالك العديد من الانهار التي تحولت الى مياه مجاري مفتوحة نتيجة تصريف مياه المنازل الغير معالجة وفي بعض الاحيان نتيجة تصريف مواد صناعية سامة. غالبا ما تعتبر انظمة معالجة المياه غير مهمة ومكلفة.

ISSN: 2706-6495

توجد مشكلة كبيرة في نقص المياه حيث ان احتياجات السكان تعادل 150 مليون لتر لكل يوم ولكن المتوفر منها لا يتجاوز 90 مليون لتر لكل يوم مما دفع أحد المواطنين من خلال عمله على رسالة الدكتوراه على تركيب نظام معالجة المياه الرمادية في منزلة الشخصي ليثبت قابلية اعادة استخدام المياه باستخدام تكنولوجيا بسيطة. بناءً على التجربة الايجابية، تمت تركيب انظمة معالجة مماثلة في كاتماندو.

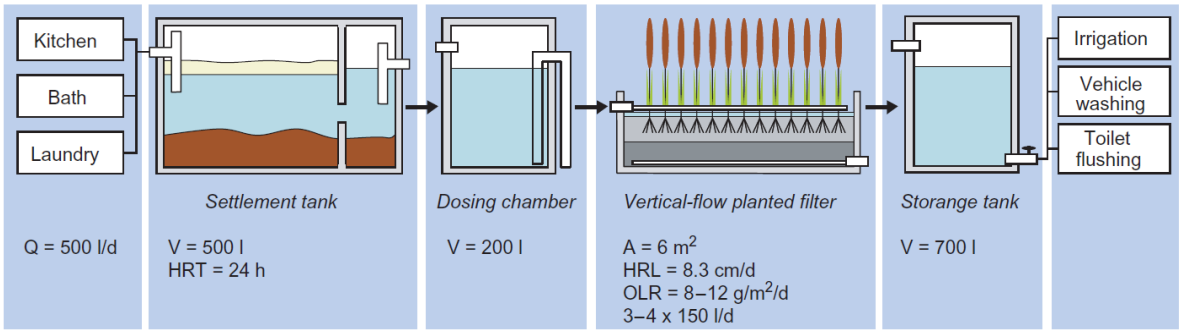
نظام المعالجة المطبق:

تم بناء النظام لمنزل يضم 7 أفراد. تم تصميم النظام لمعالجة المياه الرمادية من الحمام وغسيل الملابس والمطبخ. يتم جمع المياه الرمادية في خزان ترسيب سعة 500 لتر، مكون من حجرتين. يوجد خزان لاحق بسعة 200 لتر مع سيفون ميكانيكي يقوم بتفريغ المياه الرمادية على الفلتر البيولوجي المزروع 3-4 مرات في اليوم من خلال أنبوب مثقب (نص قطر 50 مم) مثبت فوق فلتر المعالجة البيولوجية.

شكل (6) قبل التشغيل المصدر, waters of Kathmandu

شكل (7) بعد التشغيل المصدر, waters of Kathmandu

مساحة سطح الفلتر البيولوجي الرأسي 6 متر مربع يحتوي اولا على طبقة من الحصى الخشنة بسمك 20 سم، ثم طبقة من الحصى الناعمة بسمك 10 سم ثم طبقة من الرمال بسمك 60 سم ثم طبقة المزروعات كما هو موضح في الشكل 6،7 قبل وبعد تشغيل النظام. ثم يتم تخزين المياه الرمادية المعالجة في خزان 700 لتر قبل ان يتم استخدامها في الري او غسيل السيارات او المراحيض. تبلغ كمية المياه الرمادية المعالجة يومية 500 لتر. الشكل (8) يوضح أحد الأنظمة المطبقة لمعالجة المياه الرمادية



المصدر www.pinterest.com

ISSN: 2706-6495

قياس مدى الأداء:

عمل النظام منذ أبريل 1998 وتمت مراقبته حتى مايو 2000. خلال هذا الوقت، كانت كفاءة العلاج مستقرة. يعتبر اداء هذا النظام متوافقا مع الحاجة اليه وذلك نظرا للظروف المحلية حيث لا توجد وفرة في المياه وهناك ضرر كبير في عدم معالجة المياه قبل تصريفها.

التشغيل والصيانة:

تم إجراء الصيانة التالية لضمان التشغيل السليم للنظام:

- إزالة الرواسب السنوية من خزان الترسيب.
- الفحص المنتظم لحجرة التفريغ لضمان تشغيل السيفون.
- قطع النبات سنويا.
- لم يتم تنظيف الخزان طوال فترة المراقبة.

التكلفة:

بلغت تكلفة إنشاء النظام، بما في ذلك وحدة المعالجة الرئيسية، وخزان الترسيب، وخزان التصريف والتخزين 430 دولارًا أمريكيًا. تعتمد تكاليف النظام بشدة على توفر مواد الفلترة. ويفيد التقرير أن تكاليف الصيانة لا تذكر. تؤدي اعادة استخدام المياه الرمادية بحجم 500 لتر الى توفير مبلغ سنوي في الإنفاق المنزلي يبلغ 40 دولارًا مما يسمح باسترداد قيمة المشروع في غضون 10 سنوات.

تحليل الحالة للمشروع

تشير التجربة إلى أن هذا النظام مناسب لبلد مثل نيبال، حيث ان مدنها النامية لديها القليل من الاهتمام بالتخطيط السكاني والمحلي والإقليمي. بعد خمس سنوات من البحث والتطوير، أثبتت هذه التكنولوجيا أنها مفيدة في نيبال وهي الآن جاهزة للتطبيق على نطاق واسع. حيث تتوفر مساحة حضرية للفلتر البيولوجي المزروع وحيث تكون تكاليف البناء مناسبة، فإن سلسلة المعالجة المقدمة ستساهم بلا شك في تخفيف ازمة المياه في كاتماندو.

المعلومات حول الجوانب الصحية للنظام غير متوفرة. هناك خطر إعادة تلوث المياه المعالجة من خلال الخزانات لذلك ينبغي إجراء مزيد من التحقيق. يعتمد أداء النظام بشدة على توفر مادة الفلترة المناسبة وتطبيقها بشكل صحيح أثناء البناء.

الحالة الثالثة: العين البيضاء، الأردن

خلفية عن المشروع:

نظرا لوجود ازمة مياه في الاردن، حيث ان معدل المياه للفرد يبلغ أقل من 500 متر مكعب في السنة، قدم المركز الدولي لبحوث التنمية (IDRC) مساعدة مالية لمشروع بحثي تطبيقي لمعالجة المياه الرمادية وإعادة استخدامها لري الحدائق المنزلية في 25 منزل في قرية العين البيضاء، جنوب الأردن.

كان الهدف الرئيسي "مساعدة فقراء المدن في الأردن على الحفاظ على المياه العذبة الثمينة، وتحقيق الأمن الغذائي وتوليد الدخل، مع المساهمة في حماية البيئة". بلغ متوسط حجم الأسرة 6.2 شخص، وبلغ متوسط استهلاك المياه المنزلي 120 لتر لكل شخص لكل يوم.

نظام المعالجة المطبق:

بغرض الاختبار البحثي، تم تطبيق ثلاث انظمة لمعالجة المياه الرمادية:

نظام يعتمد على برميلين؛ يتم استخدام برميل بلاستيكي سعة 160 لتر كحوض صرف صحي لحجز الزيوت والمواد الصلبة ويستخدم برميل اخر سعة 160 لتر للتخزين. تستخدم مضخة صغيرة لضخ المياه من خزان التخزين بمجرد امتلاءه.

نظام يعتمد على أربع براميل؛ بالإضافة الى البرميلين السابق ذكرهما، يتم تركيب برميلين اضافيين بسعة 220 لتر بين برميل الترسيب وبرميل التخزين وملئهما بالحصى لتعمل على توفير بيئة تحليل بيولوجي لاهوائي.

نظام تدفق افقي؛ يتكون هذا النظام من خزان ترسيب وخندق مليء بالحصى وخزان تخزين.

قياس مدى الأداء:

تم استخدام المياه الرمادية المعالجة لري أشجار الزيتون ومحاصيل الصبار والأعلاف. كشفت مراقبة تأثير إعادة استخدام المياه الرمادية على التربة والنباتات بعد عامين من التشغيل حدوث بعض الزيادة في ملوحة التربة، والتي لا تؤثر مستوياتها على انتاجية النباتات. أدى الري المنتظم بالمياه الرمادية الغنية بالمواد الغذائية إلى تحسين جميع معدلات نمو النبات، ولم تكشف المحاصيل عن أي تلوث بالبكتريا.

التشغيل والصيانة:

يقوم الفنيون المحليون المدربون بتشغيل وصيانة وحدات معالجة المياه الرمادية. تم التعرف على ربات المنازل وتدريبهن كمدربات لنساء أخريات على مواضيع مثل فلترة المصدر والاستخدام المناسب للمنظفات وممارسات غسل الصحون المناسبة. لا تقدم حالة العين البيضاء معلومات عن مهام التشغيل والصيانة المطلوبة؛ ومع ذلك، فإن إزالة الرواسب من خزان الترسيب والغسيل العكسي للمرشح اللاهوائي ستكون ضرورية بالتأكيد من وقت لآخر.

وفقًا لدراسة التكلفة والعائد، يجب أن يزيد دخل الأسرة بمقدار 10-30 دينار أردني (14-42 دولارًا أمريكيًا) في الشهر وبالتالي يؤدي الى انخفاض فاتورة المياه العذبة بفضل الري بالمياه الرمادية وزيادة انتاجية المحاصيل.

تحليل الحالة للمشروع

للمشروع العديد من الفوائد المباشرة وغير المباشرة للمجتمع والبيئة. استفادت النساء في المجتمع أكثر من هذا المشروع من خلال ورش العمل التدريبية والحوار والتعلم بالممارسة. تم اكتساب المزيد من المعرفة حول بناء حديقة منتجة وكذلك مهارات الإدارة العامة. انخفضت فواتير المياه المنزلية الشهرية بحوالي 30 بالمئة. قامت العديد من العائلات بتكرار واعتماد إعادة استخدام المياه الرمادية بعد أن قام الجيران بتنفيذ هذا النظام بنجاح.

ISSN: 2706-6495

2- دراسة جدوى اقتصاديه لمنزل سكنى بدولة الكويت

قمت بزيارة عدد من منازل السكن الخاص قيد الانشاء في دولة الكويت وكذلك أحد المكاتب الهندسية المتخصصة في تصميم المباني وكان من المفاجئ ان النظام المعمول به لشبكات الصرف الصحي في كافة المنازل التي زرتها تم تنفيذ شبكة الصرف الصحي بنظام البايب الواحد حيث يتم صرف المياه السوداء والرمادية على نفس الخط ويستخدم نفس البايب للتهوية. مع العلم ان هذا ليس بالنظام الافضل الموصي للعمل به في منازل السكن الخاص كما تم ذكر ذلك سابقاً. مع العلم ان عدد من الدول تمنع هذا النظام من شبكات الصرف في منازل السكن الخاص. وهنا نواجه عائق كبير مع نظام البايب الواحد حيث انه غير ملائم ولا يتوافق مع نظام اعادة تدوير واستخدام المياه الرمادية حيث ان نظام البايب الواحد يتم خلط مياه السوداء مع المياه الرمادية وهنا نواجه عائق كبير حيث ان فصل المياه الرمادية عن المياه السوداء يتوجب اضافة خط اخر للصرف ومما يمثل تكلفة اضافية على المسالك فيما يقارب 80% اضافية من اجمالي تكلفة تنفيذ شبكة الصرف الصحي للمنازل ، وكذلك صعوبة اقناع اصحاب المنازل باستخدام نظام الصرف مخالف لما هو معتاد العمل به في منازل السكن الخاص بالكويت. وبعد الاطلاع على منازل السكن الخاص في دولة الامارات وكذلك زيارة احد المكاتب الهندسية لتصميم المنازل والمباني في دولة الامارات تبين ان المعمول به في دولة الامارات يوصي بعدم استخدام نظام البايب الواحد للصرف الصحي وعند الرجوع لبلدية امارة عجمان بدولة الامارات تبين المواصفات واللوائح تمنع منعا باتا تركيب شبك مياه صرف الرمادية مع صرف المياه السوداء وبناءً على ذلك قررت عمل زيارة الى الجهات الرسمية المختصة والمشرفة والمنفذة لمساكن السكن الخاص في الكويت للوقوف على سبب استخدام نظام الخط الواحد للصرف الصحي. وشملت هذه الزيارات الى وزارة الاشغال قسم التصميم وكذلك المؤسسة العامة للرعاية السكنية وبلدية الكويت فرع محافظة الفروانية ومكتب انفيرس للاستشارات الهندسية وبلدية عجمان في دولة الامارات العربية المتحدة. بدأت بالاستفسار من الشركات المنفذة لأعمال التمديدات الصحية في المباني وتمت الافادة ان المعمول به في اغلب المباني ان لم يكن كلها في دولة الكويت هو نظام الخط الواحد وانهم ملزمون بالمخططات التنفيذية المصممة من قبل المكاتب الهندسية. وعند الرجوع لاحد المكاتب الهندسية المتخصصة في تصميم المباني افادت ان وزارة الاشغال تلزمهم بتصميم وفق نظام الخط الواحد للصرف وعند الرجوع الى وزارة الاشغال في دولة الكويت والاستفسار من الادارة المختصة افادت بعدم صحة هذا الكلام وان ما يلزم به الوزارة اصحاب المنازل وما يتم اعتماده وفحصه في المخططات التصميمية وكذلك عن زيارة وفحص المباني قيد الانشاء هو شبك خط الصرف مع المنهول الرئيسي التابع للوزارة بمدخل واحد فقط وهذا لا يمنع عمل خطين منفصلين لشبكة صرف المياه الرمادية والسوداء داخل المنازل وان نظام الخطين هو الافضل وان وزارة الاشغال حاليا بصدد وضع لوائح وضوابط جديدة تحدد مواصفات شبكات الصرف داخل المنازل وكذلك قمت بزيارة الهيئة العامة للإسكان في دولة الكويت وطلبت المواصفات الخاصة بشبكة الصرف الصحي داخل المنازل وبعد الاطلاع عليها لم يذكر اي شيء بخصوص فصل صرف المياه الرمادية عن المياه السوداء. وكما ذكرت سابقا باني سوف اختار منزلي الذي هو في طور التصميم والانشاء كدراسة حالة للبحث وبناءاً عليه رجعت الى المكتب الهندسي المنفذ للمنزل وعملت تصميم شبكة الصرف الصحي بنظام الخطين بحيث يتم فصل صرف المياه الرمادية عن المياه السوداء وعند عمل التصميم لاحظت ان الوقت المستغرق لعمل نظام الخطين اكثر بكثير من الوقت الذي احتاجه المكتب لتصميم نظام الخط الواحد وعند الرجوع للمهندس المصمم والاستفسار عن سبب فارق الوقت الكبير افاد ان ذلك يرجع الى طبيعة تصميم المنازل في الكويت حيث انه في الغالب في منازل السكن الخاص تكون بشكل عمودي وعدد

ISSN: 2706-6495

الطوابق في المنزل تزيد عن ثلاثة طوابق وتصل الى خمسة طوابق اذا تم احتساب السرداب معها وغالب لا تكون دورات المياه فوق بعضها البعض في كل طابق مما يؤدي الى صعوبة تصميم الشبكات بنظام الخطين لاحتمالية تداخل وتقاطع البايبات مع بعضها البعض وكذلك قد يعيق تصميم للشبكية الجسور والاعمدة وفي حال تم تمرير انابيب صرف المياه الرمادية والسوداء فوق بعضها يتطلب ذلك زيادة كبيرة في سماكة ارضيات الحمام وتكلفة عالية او انزال البايبات وتمريرها في الطابق السفلي وتغطيته من خلال ديكورات السقف وقد تواجه مشكلة سماع صوت المياه اثناء تصريفها ومريرها في البايبات. وقد وصلت الى استنتاج ان السبب وراء استخدام نظام الخط الواحد للصرف الصحي في المنازل في الكويت يعود الى: -

- غياب اللوائح والمواصفات الخاصة في تصميم شبكات الصرف الصحي من قبل الجهات الحكومية المختصة.
- سهولة وسرعة تصميم نظام الصرف الصحي بنظام الخط الواحد من قبل المكاتب الهندسية مقارنة بنظام الخطين.
- تكلفة تنفيذ الشبكات بنظام الخط الواحد اقل منها في نظام الخطين.

الحسابات الأساسية لنظام معالجه المياه الرمادية للمنازل السكن الخاص

♦ معدل استهلاك الفرد في الكويت قرابه 450 لتر يوميا واذا افترضنا ان المتوسط سكان المنزل الواحد هو عشره اشخاص بما فيهم العاملين في المنزل يكون بذلك معدل الاستهلاك اليومي من المياه 4500 لتر يوميا للمنزل الواحد اي ما يعادل 1000 قالوا امبراطوري بتكلفه يوميه 800 فلس حسب تسعيره المياه في دوله الكويت اي في الشهر 24 دينار كويتي شهريا.

♦ الكميه التقديرية للمياه الرمادية الناتجة في اليوم الواحد حسب دراسة معهد الابحاث العلمية في دوله الكويت تقارب 65% من اجمالي مياه الصرف افتراض ان المياه المستخدمة هي التي سوف يتم تصريفها تكون كميه المياه الرمادية في اليوم الواحد يساوي الف جالون امبراطوري في 0.65= 650 قالون امبراطوري او 2925 لتر يوميا.

♦ تكلفه تمديدات المياه اللازم اضافتها في المنزل لفصل مياه الصرف الرمادية عن باقي مياه الصرف الصحي يساوي تقريبا من 80% من تمديدات الصرف الصحي بنظام الخط الواحد. وحسب المنزل الذي اعتمدته للدراسة حاله في البحث يكون اجمالي التكلفة قرابة 750 دينار كويتي وهذا الرقم غير دقيق لأنه مرتبط في عده متغيرات اهمها عدد الادوار في المنزل وعدد دورات المياه والمطابخ وكذلك سعر التمديدات المستخدمة الذي يختلف باختلاف المصدر والجودة

♦ سعر وحده نظام معالجه المياه الرمادية و حسب ما سبق ذكره في الدراسة فان القيمة تختلف حسب النوع المستخدم وكذلك الطاقة الاستيعابية الميزان و اذا كان هذا النظام سوف يتم تصنيعها محليا او شراؤه نظام جاهز وعليه سوف تكون هذه الارقام تقريبيه ولكنها قريبه من الواقع. متوسط سعر وحده نظام المعالجة الى تم تصنيعها محليا قرابة 600 دينار كويتي ومتوسط سعر وحده نظام المعالجة الجاهزة قرابة 3000 دينار كويتي. وإذا تم اضافه قيمه التمديدات المطلوبة يكون للمصنع محليا 1350 دينار كويتي ويكون للوحدة الجاهزة 3,750 دينار كويتي. ولا ننسى ان هناك تكلفه بسيطة لأعمال الصيانة الدورية والتشغيل وحده المعالجة للمياه الرمادية

♦ المدة المتوقع ان يتم تغطيه المبلغ المطلوب لوحده المعالجة حسب تسعيره المياه في دوله الكويت بفرض ان المعدل اليومي لإنتاج المياه المعالجة حسب القراءات السابقة يكون قرابه 650 جالون امبراطوري يوميا اي ما يعادل 520 فلس يوميا وفي السنه 187 دينار كويتي.

ISSN: 2706-6495

وبناء عليه في حاله استخدام نظام المعالج المصنعة محليا تكون المدة المتوقع لتغطيه التكاليف في حال النظام الجاهز تكون 3750 ÷ 187= 20 سنه تقريبا وإذا تم اضافه تكاليف الصيانة والتشغيل لوحده المعالجة ترتفع هذه المدة الى 25 سنه وهذه المدة قد تكون اقل من العمر الافتراضي لوحده. اما في حال تم احتساب السعر الفعلي للمياه حسب تكلفتها على الدولة فان المدة المطلوبة لتغيير سعر وحده المعالجة تكون 3750÷(650×10) = 7 شهور تقريبا.

4- عرض ابحاث عن الجدوى الاقتصادية لعملية تدوير المياه الرمادية.

• **تناول بيتر هانسن (2012)** في دراسته" تشجيع استخدام المياه الرمادية المكررة في فلسطين "ثلاث دراسات حالة عن المياه الرمادية. أولها مشروع نّفذ في محافظة الكرك جنوب الأردن الذي كان هدفه مساعدة الفقراء في المناطق شبه الحضرية وذلك للاستفادة من المياه الرمادية المعالجة في حدائق منازلهم وقد ظهرت النساء بوصفهن لاعبات أساسيات في تشغيل وصيانة النظام وهذا عزز من أهمية دورهن في توليد دخل من خلال إنتاج المزروعات في الحدائق المنزلية، كما بلغ متوسط كمية المياه الرمادية المعالجة حوالي 237 لترًا للأسرة في اليوم ما يكفي لري 20 شجرة زيتون، وقد لوحظ انخفاض التكاليف المتعلقة بالحفر الامتصاصية وبمعالجة المياه كما زادت كمية المياه العذبة المتاحة

• **خرجت دراسة ملك قطاوي (2008)** التي بعنوان" إمكانية التقبل الاجتماعي لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة في محافظة رام الله والبيرة (حالة دراسية: دير دبوان" بمجموعة من الاستنتاجات أهمها: العينة الإحصائية التي تعاني من نقص المياه يعتبرون أن المياه العادمة المعالجة تشكل مصدرًا جديدًا يسد الفجوة المائية. كما أظهرت وجود علاقة وثيقة بين مجالات استخدام المياه ودرجة قبول استخدام المياه العادمة المعالجة لري المزروعات، حيث تتناقص هذه الدرجة عندما يتحرك استعمالها في المجالات الأقرب إلى الاتصال الإنساني. وبالنسبة لسكان دير دبوان فإنهم يتقبلون استخدام المياه العادمة المعالجة الخارجة من منازلهم أكثر من المياه العادمة الناتجة من المناطق الأخرى، وهم أكثر تقبلا لاستهلاك المحاصيل المروية بالمياه العادمة المعالجة بعد طبخها، وأن المحاصيل التي يرغب معظمهم في ريها بالمياه العادمة، هي: الأعلاف والزيتون. ومن النتائج أيضًا أن العامل الديني يلعب دورًا في تقبل ري المحاصيل الزراعية بالمياه المعالجة لأنهم يعتبرونها مسموحة دينيًا بشرط زوال النجاسة

• **هدفت دراسة أحمد عامر** بعنوان (Reuse of reclaimed wastewater corns designated for animal feeding to irrigate) إلى معرفة تأثير استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة معالجة ثانوية الناتجة من محطة البيرة مقارنة مع مياه الصنبور النظيفة على نبات الذرة الصفراء المنوي استخدامها لتغذية الحيوانات بالإضافة إلى تأثير ذلك على خواص التربة الفيزيائية والكيميائية خصوصًا على نسبة العناصر الثقيلة فيها. أجرى الباحث تجربته في حديقة جامعة بيرزيت- فلسطين، حيث تمت زراعة بذور الذرة في أحواض بلاستيكية في تربة زراعية واشتملت على خمس معاملات للري والتسميد وكانت كالآتي: ري بمياه الصنبور فقط، ري بمياه الصنبور مع تسميد كامل، ري بمياه الصرف المعالجة فقط، ري بمياه الصرف المعالجة مع تسميد كامل، ري بمياه الصرف المعالجة مع نصف تسميد. وبشكل عام أظهرت نتائج بحثه أن استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة من محطة البيرة لم ينتج عنه زيادة محتوى المعادن الثقيلة في التربة بالمقارنة مع مياه الحنفية،

ISSN: 2706-6495

كذلك ارتفع نمو النبات باستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة على محصول الذرة. ومن استنتاجاته أيضًا أن الري بالمياه العادمة المعالجة يزيد إنتاج نبات الذرة ويقلل استخدام الأسمدة في التربة.

• **ناقشت دراسة أحمد الخطيب (2006)** والتي حملت عنوان (تلوث الماء: مصادر، أسباب، أنواع تلوث المياه). كمية ونوعية المياه على الأرض حيث ذكر أن حجم الماء في الكرة الأرضية قدر حوالي 1385 بليون كم مكعب يغطي حوالي ثلاثة أرباع الكرة الأرضية متمثلة في المحيطات والبحار والأنهار والبحيرات، ومعظم هذه المياه هي مياه مالحة وتبلغ نسبتها حوالي 97.47 % من الماء الكلي بينما تبلغ نسبة المياه العذبة 0.0103 % فقط من المياه الكلية. كما أضاف بأن من أهم الأمور التي تعمل على حماية الماء من التلوث هي معالجة مياه الصرف الصحي واستخدامها في ري المحاصيل أو الحدائق والمزارع المائية، ونوعية المياه المعالجة المستخدمة في الأغراض الزراعية تلعب دورًا كبيرًا في نظام التربة ونظام المزارع المائية. تعتبر الطريقة المناسبة لمعالجة مياه الري هي تلك الطريقة التي تضمن نوعية مناسبة لاستخدام الزراعة بتكلفة بسيطة وإن استخدام مستوى معالجة منخفضة هو الأفضل بالنسبة للدول النامية ليس من ناحية التكاليف فحسب لكن من ناحية تشغيل نظام المعالجة بكفاءة. تعرف الدراسة معالجة مياه الصرف الصحي بأنها عبارة عن مزيج من العمليات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية التي تهدف إلى إزالة المواد الصلبة والمواد العضوية وأحيانًا المغذيات من مياه الصرف الصحي.

• **وفي كتاب آخر قدمه هجو محمد (2001)** بعنوان "مخلفات الصرف الصحي؛ الخواص والمعالجة وإعادة الاستخدام" حيث بين أن العجز المائي المتوقع عام 2030 م يقدر بحوالي 100 مليارم 3/ السنة في دول الخليج العربي، وأن قطاع الزراعة هو المستهلك الأكبر للمياه الجوفية غير المتجددة حيث يستهلك 83 % من إجمالي الطلب على المياه، وإذا ما تم استخدام المياه المعالجة كبديل فإنها سوف تقلل من استنزاف هذه المياه بحوالي 15 %، كما ألقى الضوء على نماذج لمحاولات استخدام مياه الصرف الصحي في المملكة العربية السعودية والبحرين وفي قطر. على سبيل المثال أخذنا هنا تجربة السعودية وبالأخص في منطقتي ديراب والدرعية حول معالجة مياه الصرف الصحي واستخدامها في ري الأراضي الزراعية، وأهم ما تناوله البحث هو مزايا ومساوئ إعادة الاستخدام وكانت كالآتي:

المزايا

- ادخار المياه ذات الجودة العالية لاستخدامها في الأغراض الأخرى
- هو مصدر قليل التكلفة للمياه المستخدمة في ري الأراضي الزراعية.
- هي طريقة فعالة للتخلص من مياه الصرف الصحي ومنع مشكلات التلوث.
- تقديم وسيلة لتغذية المياه الجوفية

المساوئ

- تسبب مشكلات للصحة العامة عند عدم معالجتها بشكل صحيح
- تسبب أضرارًا للنباتات بسبب مكوناتها الكيميائية
- إمكانية تلوث المياه الجوفية
- تؤدي إلى حدوث انسداد في أنظمة توزيع مياه الري بسبب زيادة المواد الصلبة العالقة

ISSN: 2706-6495

ودعا الكاتب بالنهاية إلى التوسع في استخدام المياه المعالجة من أجل مساهمة أكبر لهذا النوع من المياه في الطلب الخليجي على المياه.

نتائج البحث:

-هناك بعض القصور في المواصفات الملزمة لتنفيذ شبكات الصرف للمنازل السكن الخاص.

- من الناحية الاقتصادية من غير المجدي تركيب نظام معالجه المياه الرمادية للمنازل السكن الخاص نظرا لدعم دوله الكويت المياه التي يتم بيعها على المواطن بسعر اقل بكثير من تكلفه الانتاج.

- وحده المعالجة بحاجه الى عمليه صيانة ومتابعه دوريه.

- وحده المعالجة المياه الرمادية تطلب حيز من المساحات الخارجية للمنازل تركيب النظام.

- لنجاح عمليه معالجه المياه الرمادية على الدولة تبني تنفيذ وتشغيل وحدات لمعالجه المياه الرمادية الناتجة من المنازل.

- يمكن الاستفادة من مياه المعالجة في ري المزروعات والتنظيف او عمل تخزينها مياه جوفيه اوفي النوافير او عمل البحيرات الصناعية.

- تكمن اهميه معالجه المياه الرمادية فيما لها من مردود كبير على البيئة والمحافظة عليها بشكل مباشر وغير مباشر.

مناقشة النتائج:

من خلال محتوى البحث يتضح وجود رغبه ورؤيه محلية في الدولة الكويتية لعدم اهدار المياه الرمادية وهذا ما يوكده الحوار البحثي الداخلي والمحلي ومنها المقال للكاتبة مها البغلي بعنوان اعادة تدوير المياه الرمادية في المساجد والمدارس حيث احتوى المقال علي ضرورة توظيف المياه الرمادية الخارجة من مياه الصرف التي لم تختلط مع مياه المراحيض أو مياه شطافات الطهارة او مياه المطبخ، فهي فقط من مياه المغاسل والاستحمام والغســـالات، ويمكـن معالجتها بأساليب بسيطة ومنخفضة التكاليف وإعادة استخدامها للري والزراعة، حيث ان المساجد من المباني العامة ذات الاستهلاك المرتفع للمياه العذبة، وبشكل عام فإن المياه الرمادية تشكل نسبة تزيد عن 50% من مياه الصرف الصحي، ولتوفير التكاليف العالية للمياه العذبة التي تستخدم في شبكات الري المنتشرة في الحدائق والطرق العامة، ولتوفير مخزون المياه العذبة للدولة، اقترح: بالتنسيق مع وزارتي الأوقاف والشؤون الإسلامية والأشغال العامة، والهيئة العامة لشؤون الزراعة والثروة السمكية، وجمعية المياه الكويتية، العمل على إعادة استثمار ومعالجة المياه الرمادية الناتجة عن المساجد والمدارس والمباني العامة، واستخدامها لري الحدائق والزراعات في الطرق العامة وذلك عن طريق نظام مناسب لمعالجة وتخزين وإعادة تدوير المياه الرمادية بما يتوافق مع متطلبات الاستخدام النهائي وبمواصفات قياسية صالحة للري والاستعمالات الزراعية، وتوجد دراسة مقدمة من جمعية المياه الكويتية لأنظمة مقترحة لمعالجة المياه الرمادية في المساجد والمدارس والمباني العامة." (البغلي، مها 2020) ويتفق هذا المقال مع عدة مقالات اخرى محليه منها ما احتوت على عمق آخر على ضرورة استغلال هذه المياه لتشجير اماكن واحزمه خضراء لمعالجة عملية التزحف الصحراوي (سعود المير، هاني 2015) ويبدو ان امر استغلال المياه الرمادية موضوع مطروح في استراتيجية التطوير ولكن يقابلها عدة صعوبات تم ذكرها في متن البحث ومنها ما هو متعلق بالبيئة والتكلفة.

ISSN: 2706-6495

الخلاصة:

من أجل تحليل وتحقيق الأهداف المرجوة من عمليات تدوير المياه الرمادية لابد من المرور بعدة مراحل منها حشد وتوعيه مجتمعيه على أصل المشكلة بالإضافة الي تكاتف اجهزة الدولة لتطبيق منظومة اعادة التدوير والبدء في مشاريع تخطيطيه لذلك وذلك طبقا للعوائد الاقتصادية

التوصيات:

عانا الباحثان من عدم وجود ابحاث تحلل آثر عمليات تدوير المياه الرمادية على الفرد والمجتمع المحلي الكويتي بل على صحة المواطن الكويتي مع عدم وجود ابحاث وجدوى اقتصاديه من منظور الدخل القومي للدولة لذلك نوصى بمزيد من الابحاث بخصوص ذلك للوصول الي رؤية متكاملة على الموضوع طبقا للمجتمع المحلي وليس بيئات اخرى مشابه

مصادر عربيه:

- عبد الصبور، ممدوح فتحي (2000). تقنيات مياه الصرف الصحي واعادة استخدامها للأغراض الزراعية مجلة اسيوط للدراسات البيئية صفحة 33.
- علي، احمد حسن (2018). إعادة تدوير مياه الصرف الصحي للاستفادة في الزراعة والبناء مركز البيان للدراسات والتخطيط.
- مصطفى، اسماء السيد (2019). الجدوى من اعادة تدوير المياه منتدى الحوار الدولي.
- مصطفى، بنى مؤمن (2020). الأهمية البيئية لإعادة تدوير المياه وعلاقتها بالبيئة مجلة عرابيا.
- هانسن، بيتر (2012). تشجيع استخدام المياه الرمادية المكررة في فلسطين. معهد أبحاث السياسات الاقتصادية الفلسطيني (ماس). رام الله.
- قطاوى، ملك روحي (2008). إمكانية التقبل الاجتماعي لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة في محافظة رام الله والبيرة (حالة دراسية: دير دبوان)". رسالة ماجستير. جامعة بيرزيت.
- الخطيب، أحمد السيد (2006). تلوث الماء؛ مصادر، أسباب، أنواع تلوث المياه. جامعة الاسكندرية كلية الزراعة.
- عبد الماجد، هجو محمد (2011). مخلفات الصرف الصحي: الخواص والمعالجة وإعادة الاستخدام. الرياض: جامعة الملك سعود. دار النشر العلمي والمطابع.
- البغلي، مها (2020). عادة تدوير المياه الرمادية في المساجد والمدارس جريدة الانباء الكويت.
- سعود المير، هاني (2015). اعادة تدوير المياه الرمادية... هدف استراتيجي مجلة الرأي الكويت.

مصادر اجنبيه:

- Ameer, Ahmad. (2011). “Reuse of reclaimed wastewater to irrigate corns designated for animal feeding”. Master thesis. Bizet University.
- D. Mara, Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries. London, 2003.
- O. R. Al-Jayyousi (2003). "Greywater reuse: towards sustainable water management." Desalination, vol. 156, no. 1-3, pp. 181-192.
- M. J. Bino (2004). "Greywater reuse for sustainable water demand management." in International water demand management conference, Amman, Jordan.
- E. Friedler (2004). "Quality of individual domestic greywater streams and its implication for on-site treatment and reuse possibilities." Environmental technology, vol. 25, no. 9, pp. 997-1008, 2004.
- P. Ridderstolpe, "Greywater," in Ecological sanitation.
- D. D. P. &. C. Steinfeld (2000). "What about Graywater," in composting toilet system book, Massachusetts, The Center for Ecological Pollution Prevention (CEPP), pp. 167-193.

جميع الحقوق محفوظة 2022 ©، الباحث/ فهد عبد الرحمن حسن الكندري، الباحث/ عيسى سلمان بن عيسى، المجلة الأكاديمية للأبحاث والنشر العلمي.

(CC BY NC)