الأراضى الرطبة المبنية حلول لامركزية فعالة للإدارة المستدامة للمياه العادمة في المجتمعات الريفية والشبه حضرية في مصر

Constructed wetlands (CWs) are effective decentralized solutions for sustainable wastewater management in rural and semi-Urban communities in Egypt

م.د/ نرمين محمد سيد احمد مطر

مدرس بقسم الهندسة المعمارية - بالاكاديمية الحديثة للهندسة والتكنولوجيا بالمعادى

Dr. Narmin Mohamed Sayed Ahmed

Lecturer at the Department of Architectural Engineering - Modern Academy for Engineering and Technology in Maadi

eng_nermen2006@yahoo.com

ملخص البحث:

تبذل مختلف الحكومات والمنظمات الدولية جهوداً لسد فجوة الطلب على موارد المياه العذبة، إلا أنه فشلت معظم البلدان وخاصة النامية منها في تحقيق ذلك. وبالتالى أصبح هناك إهتمام متزايد بتوفير إستراتيجية بديلة بإستخدام حلول غير تقليدية لإعادة تدوير المياه. وقد إكتسبت الحلول اللامركزية القائمة على الطبيعة (NBS) لمعالجة مياه الصرف الصحي كخيارًا مستدام لإدارة المياه ووسيلة لتكملة موارد المياه إهتمامًا كبيرًا. فى هذا الإطار، يتجه البحث لدراسة نظام الأراضى الرطبة المبنية (CWs) بإعتبارها أحد أهم الحلول اللامركزية القائمة على الطبيعة (NBS) لمعالجة مياه الصرف الصحي (المياة العادمة) وتلبية الطلب المتزايد على المياه.

إعتمد البحث بناء إطار نظرى شامل من خلال إستعراض ودراسة الأدبيات ذات الصلة بموضوع مياة الصرف الصحى ونظم معالجتها (مركزية، لامركزية) والقضايا والتحديات التي تواجه النظم المركزية، ودراسة النظم اللامركزية كحل بديل وقابل للتطبيق في المدن النامية. ومن ثم يتجه البحث لدراسة معايير إختيار التقنية الأكثر ملائمة لتحقيق الإدارة المستدامة للمياة العادمة والتي يجب أن تكون "فعالة إقتصادياً ومستدامة بيئياً ومقبولة إجتماعياً". ودراسة نظم الأراضى الرطبة المبنية (CWs) كنظام معالجة طبيعية لامركزية لمعالجة المياة العادمة إلى جانب توفير مزايا بيئية وإجتماعية وإقتصادية. ومن ثم تحليل مجموعة من التجارب لمعرفة مدى فاعلية إستخدام الأراضى الرطبة المبنية (CWs) من خلال تقييم التأثير البيئي، والفاعلية الإقتصادية، ومدى القبول المجتمعى، وإستيفاء المتطلبات التشريعية. لتحديد العوائق التي تحول دون تنفيذ هذه الحلول. وكذلك الفرص التي تنشأ من خلال إدخال هذه التكنولوجيا المستدامة في مراحل التصميم المبكرة، ومعرفة الإمكانات التي يمكن أن تدعم المدن الحالية لتعظيم الاستفادة من هذه النظم لتحقيق الإدارة المستدامة للمياه العادمة. ومن ثم إستنباط نهج لإعتماد نظام الأراضي الرطبة المبنية (CWs) في المجتمعات الجديدة والمجتمعات الريفية والشبه حضرية القائمة في مصر. من خلال عرض لخلاصة الدراسة والخروج ببعض النتائج والتوصيات الواضحة والتي يمكن أن تطبق على حالة المدن في مصر.

الكلمات المفتاحية:

المياة العادمة، النظم المركزية، النظم اللامركزية، الحلول القائمة على الطبيعة، الاراضى الرطبة المبنية.

Research Summary:

Governments are making great efforts to reduce the demand gap for freshwater resources. However, most countries, especially developing ones failed to achieve this. Consequently, providing an alternative strategy by using non-traditional solutions to recycle water has become an urgent issue. So Decentralized Nature-Based Solutions (NBS) for wastewater treatment as a sustainable water have gained significant attention. In this context, the research tends to study constructed wetlands (CWs) as one of the most important decentralized nature-based solutions (NBS) to treat wastewater and provide the increasing demand for water.

The research was based on a theoretical framework about wastewater and treatment systems (centralized, decentralized). and the challenges which facing centralized systems, then studying the decentralized systems as an alternative and applicable solution, and review the criteria for selecting the most appropriate technology to achieve sustainable wastewater management, which must be"economically effective, environmentally sustainable and socially acceptable". Then studying constructed wetlands (CWs) as a decentralized natural treatment system and its benefits. Then Analyse a set of experiments to know the effectiveness of constructed wetlands (CWs) and the feasibility of establishing them by evaluating the environmental impact, the economic effectiveness, the extent of societal acceptance, and fulfilling the legislative requirements. To know the various obstacles that prevent the implementation of these solutions and the opportunities from applying this sustainable technology in the early design stages and Knowing the potential that can support cities to maximize the use of these systems to achieve sustainable wastewater management. Then devising an approach to the adoption of Constructed Wetlands (CWs) in new and rural and semi-urban communities in Egypt. By presenting a summary of the study that includes the overall results of the research and recommendations that can be applied to the state of cities in Egypt.

Key words:

Wastewater, Centralized systems, Decentralized systems, Nature-based solutions, Constructed wetlands.

١-مقدمـــــــــة:

أصبحت قضية ندرة المياة من أهم القضايا المسيطرة عالمياً ومحلياً. وعلى الرغم من الجهود التي تبذلها مختلف الحكومات والمنظمات الدولية لسد فجوة الطلب على المياه، إلا إن تصميم المجتمعات الجديدة يفرض ضغوطًا إضافية على إدارة موارد المياه وخاصة فى المناطق الحضرية. وبالتالي يجب أن تبحث المجتمعات عن موارد مائية جديدة، في هذا السياق، يمكن لمياه الصرف الصحي (المياة العادمة) إذا تمت معالجتها بشكل صحيح، أن تمثل مصدرًا جديدًا للمياه. إلا إنه لا تزال عملية المعالجة المركزية (التقليدية) تمثل مشكلة بشكل عام لوجود العديد من الحواجز الإقتصادية والإجتماعية والبيئية، والتقنية، والمؤسسية، والقانونية و..... وبالتالي يمكن أن تكون الحلول اللامركزية وخاصة الحلول القائمة على الطبيعة بديلاً جذاباً لمعالجة مياة الصرف الصحى (المياة العادمة) في البلدان النامية ولا سيما في المناطق الريفية والشبه حضرية، نظرا لكونها حلول فعالة ومستدامة إقتصادياً وبيئياً وإجتماعياً. فى هذا الإطار، يتجه البحث لدراسة نظام الأراضى الرطبة المبنية (CWs) بإعتبارها أحد أهم الحلول اللامركزية القائمة على الطبيعة (NBS) لمعالجة مياه الصرف الصحي (المياة العادمة) وتلبية الطلب المتزايد على المياه.

وفي هذا الإطار، تناقش هذه الدراسة الأدبيات النظرية لمفهوم أنظمة معالجة مياة الصرف الصحى (مركزية، لامركزية) والقضايا والتحديات التي تواجه النظم المركزية، ودراسة النظم اللامركزية كحل بديل وقابل للتطبيق في المدن النامية. ومن ثم يتطرق البحث لدراسة معايير إختيار التقنية الأكثر ملائمة لتحقيق الإدارة المستدامة للمياة العادمة والتي يجب أن تكون "فعالة إقتصادياً ومستدامة بيئياً ومقبولة إجتماعياً". ومن ثم فقد اتجه البحث لدراسة الأراضى الرطبة المبنية (CWs) كطريقة معالجة طبيعية لامركزية يمكن استخدامها لمعالجة المياة العادمة والحفاظ على الموارد المائية. وإلقاء الضوء على إمكانات إستخدام الاراضى الرطبة المبنية من خلال تحليل بعض التجارب وتحديد مجالات القصور. للوصول لنهج لإعتماد نظام الاراضى الرطبة المبنية (CWs) كحل لامركزي فعال للإدارة المستدامة للمياه العادمة لمزيد من التطبيقات في المجتمعات الريفية والشبه حضرية في مصر.

المشكلة البحثية:

تتلخص المشكلة البحثية في الإفتقار إلى سياسة متكاملة وواضحة لتفعيل نظام الأراضى الرطبة المبنية (CWs) كطريقة معالجة طبيعية لامركزية ونهج فعال ومستدام لإعادة إستخدام المياة العادمة والحفاظ على الموارد المائية ولا سيما في المجتمعات الريفية والشبه حضرية.

هـــدف البحث:

تهدف الدراسة إلى إستنباط نهج لإعتماد نظام الاراضى الرطبة المبنية (CWs) كحل لامركزي فعال للإدارة المستدامة للمياه العادمة بحيث يركز هذا الإطارعلى تحقيق الاستدامة والمرونة في الإعتبار بداية من مراحل التصميم المبدئى وعلي كافة المستويات. حيث يوفر هذا الإطار منظوراً مفيداً لمزيد من التطبيقات في المجتمعات الريفية والشبه حضرية في مصر.

٢ - أنظمة معالجة مياة الصرف الصحى:

تختلف مناهج معالجة مياه الصرف الصحي من الأنظمة المركزية التقليدية إلى الأنظمة اللامركزية أوالعنقودية في الموقع بالكامل. حيث تقوم الأنظمة المركزية بجمع ومعالجة كميات كبيرة من مياه الصرف لمجتمعات كبيرة بأكملها [1] .بينما، تعالج الأنظمة اللامركزية الموجودة في الموقع مياه الصرف الصحي للمنازل والمباني الفردية. وقد تعايشت أنظمة معالجة مياه الصرف الصحي المركزية واللامركزية على مدى السنوات الماضية. على الرغم من التحديات والعوائق التي تواجه أنظمة المعالجة المركزية، ووجود العديد من أنظمة المعالجة اللامركزية. لا تزال الأنظمة المركزية هي الأكثر انتشارًا حتى في المجتمعات الصغيرة في البلدان النامية.[2] ومن ثم يجب فهم الأنظمة المركزية والأنظمة اللامركزية جيدًا قبل اتخاذ قرار بشأن تقنيات العلاج.

٢-١-النهج المركزى لمعالجة المياه العادمة:

تشير طرق المعالجة المركزية (التقليدية) إلى أنظمة إدارة مياه الصرف الصحى التي يتم تطبيقها على نطاق واسع. وخاصة في المراكز الحضرية، وعلى الرغم من إستمرار إستخدام هذه النظم لعقود طويلة، إلا أنه ثبت أنها حلول غير مجدية وغير مستدامة في العديد من البلدان. وقد تمت الإشارة إلى العديد من العيوب المرتبطة بالنهج المركزي لمعالجة مياه الصرف الصحي في الأدبيات[3] ، مثل: إستثماراتها الضخمة وكذلك متطلبات التشغيل والصيانة. بالإضافة إلى نقص الخبرة الفنية للتشغيل والصيانة بشكل صحيح، ونماذج الإدارة غير الملائمة وعدم مشاركة أصحاب المصلحة في عملية صنع القرار، كل

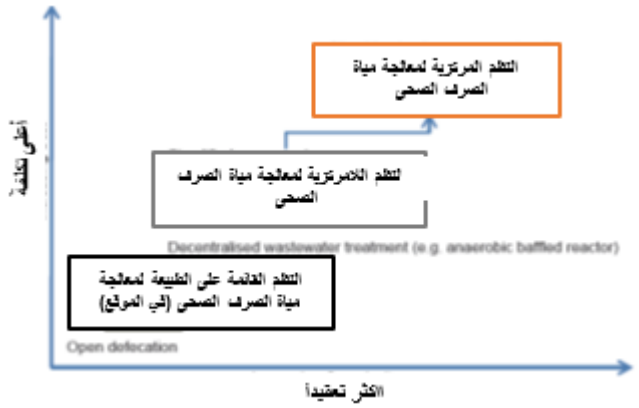
ذلك أدى إلى عدم كفاءة تشغيل هذه النظم في العديد من البلدان، علاوة على ذلك فقد تسببت نفاياتها السائلة في العديد من التهديدات لموارد المياه الطبيعية وصحة الإنسان. ومن ثم سوف نستعرض أهم القضايا والتحديات المرتبطة بالنهج المركزي لمعالجة مياه الصرف الصحي.

- **التحديات البيئية:** يزداد الطلب على المياه نتيجة توسع المدن وإكتظاظها بالسكان. ومع قلة الموارد المائية، يتم إستخدام المياه الجوفية بمعدل أعلى من معدل تجديدها الطبيعي، مما يؤدي إلى تدهور جودة المياه. وتتفاقم المشكلة أيضًا بسبب التغطية المحدودة للصرف الصحي في معظم المدن وخاصة المدن النامية والتخلص من مياه الصرف الصحي غير المعالجة أو المعالجة جزئيًا في المصارف الزراعية والمناطق الأخرى مما يؤدى الى تلوث المياة الجوفية ومصادر المياة السطحية. ويؤثر بشكل مباشر على صحة الأنسان والنظم الطبيعية[4].
- **التحديات المالية:** لا تعتبر نظم المعالجة المركزية خيارًا للمناطق الريفية / النائية ذات المستوطنات الصغيرة والمتوسطة وخاصة في المدن النامية.حيث تطلب هذه النظم إستثمارات ضخمة؛ فنجد أن سعة المعالجة للمياة العادمة تبلغ ٧٠٪ في البلدان مرتفعة الدخل، مقارنة بـ ٨٪ فقط في البلدان منخفضة الدخل [5] .بالإضافة إلى ذلك، في معظم المدن النامية تركز السلطات على الإستثمار المطلوب

فقط، دون النظر في تكاليف الصيانة والتشغيل على المدى الطويل. وينتج عن ذلك مرافق ذات أداء ضعيف ومحملة بأضرار متكررة.

- **التحديات التقنية:** إن قطاع المياه والصرف الصحي لا يزال يفتقر إلى للقدرات والخبرات الفنية المحلية للتشغيل والصيانة بشكل صحيح. والذى ينعكس على سوء حالة المرافق و تعزيز التصور بأن المياه المعالجة منخفضة الجودة.
- **التحديات المؤسسية:** لا تزال معظم الخدمات المتعلقة بإدارة المياه والصرف الصحي تحت مسؤولية الهيئات والمؤسسات الحكومية. على الرغم من وجود العديد من التحركات نحو فتح هذا السوق للقطاع الخاص.
- **التحديات السياسية:** لا يسمح الهيكل السياسي عادة بإشراك أصحاب المصلحة المعنين من المجتمعات المحلية في عملية صنع القرار.
- **التحديات الإجتماعية:** لا تزال الجوانب الاجتماعية والموروثات والمفاهيم الدينية تسبب بعض المقاومة تجاه إعادة إستخدام النفايات السائلة المعالجة. [6].

مما سبق نجد أن هناك الكثير من القيود المتنوعة والمتعددة فى إستخدام النظام المركزى التقليدي لإدارة مياه الصرف الصحى. في هذا السياق، يمكن أن تكون الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي خيارًا مثاليًا. كما هو موضح في الشكل (١). والذي تمت التوصية به في جميع أنحاء العالم مؤخرًا، كحل بديل وقابل للتطبيق في المدن النامية التي تعاني من عدم كفاية المرافق المركزية لمعالجة مياه الصرف الصحي، ولكن في نفس الوقت تتميز بالتوسع الحضري والنمو السكاني السريع.

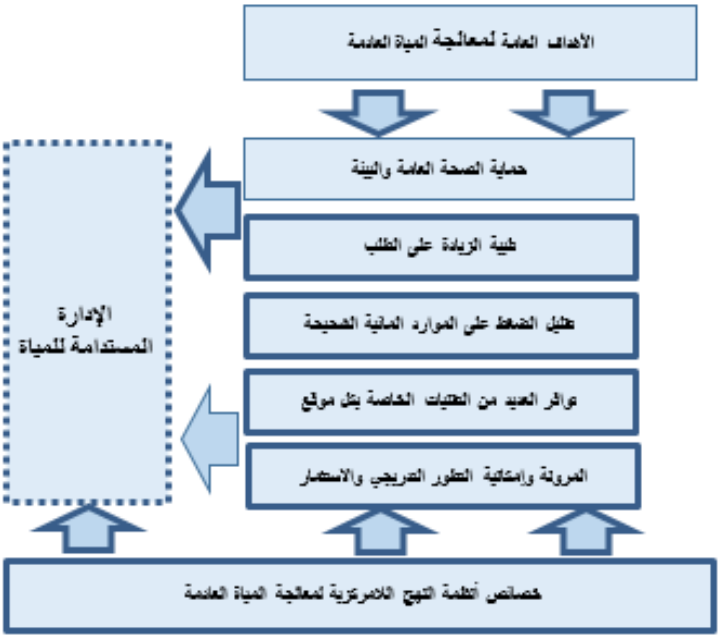


شكل (١): أنظمة المعالجة اللامركزية لمعالجة مياة الصرف الصحى كخيار مثالى نظرا لامكانية تقليل التكاليف على المدى الطويل وتقليل الاثار البيئية
المصدر:[USEPA,2005]

٢-٢ النهج اللامركزى لمعالجة المياة العادمة:

يكتسب النهج اللامركزي لمعالجة مياه الصرف الصحي الذي يستخدم مزيجًا من أنظمة الموقع أو الأنظمة العنقودية مزيدًا من الإهتمام. حيث يعتبر هذا النهج ليس فقط حلاً طويل الأمد للمجتمعات ولكنه أكثر إستدامة ومرونة وفاعاية من حيث التكلفة وإستهلاك الطاقة والتأثير البيئي[7]

تحقق أنظمة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية الإدارة المستدامة للمياة. فهي لا تقلل من التأثيرات على البيئة والصحة العامة فحسب، بل تزيد أيضًا من إعادة الاستخدام النهائي لمياه الصرف الصحي إعتمادًا على الخيارات التقنية والإعدادات المحلية. تعمل الأنظمة اللامركزية عند إستخدامها بشكل فعال على تعزيز عودة المياه العادمة المعالجة داخل مستجمعات المياه الأصلية. علاوة على ذلك، يمكن تثبيت الأنظمة اللامركزية على أساس الحاجة، وبالتالي تجنب التنفيذ المكلف لأنظمة المعالجة المركزية. وبالتالى فإن الأنظمة اللامركزية هي الأكثر تفضيلاً بشكل خاص للمجتمعات الريفية والشبه حضرية. كما إنه يمكن تصميم الأنظمة اللامركزية لموقع معين طبقا لظروف الموقع ومحدداته، وبالتالي التغلب على المشاكل المرتبطة بظروف الموقع. علاوة على ذلك، تسمح الأنظمة اللامركزية بالمرونة في الإدارة ويمكن الجمع بين سلسلة من العمليات لتلبية أهداف العلاج وتحقيق متطلبات حماية البيئة والصحة العامة. يوضح (الشكل ٢) أهداف إدارة المياه العادمة وخصائص أنظمة المعالجة اللامركزية في تحقيق الإدارة المستدامة للمياة [8]



شكل (٢): أهداف إدارة المياه العادمة وخصائص أنظمة المعالجة اللامركزية في تحقيق الإدارة المستدامة للمياة. المصدر: الباحث بتصريف من[Massoud.M.A. et al.2009]

٢ – ٣ معايير إختيار التقنية المناسبة لتحقيق الإدارة المستدامة للمياة العادمة:

في الوقت الحالي، أصبحت الإستدامة قضية أساسية لإدارة مياه الصرف الصحي ومعالجة المياة العادمة. ومع ذلك، فإن الأنظمة المركزية المقدمة للإدارة المستدامة باهظة الثمن بحيث لا يمكن للدول النامية أن تتبناها [9] ومن ثم فإن تطبيق نظام معالجة مياه الصرف الصحي التقليدي في الدول النامية ولا سيما في المجتمعات الريفية والشبه حضرية ليس مكلفًا فقط من حيث توفير الخدمات ولكن أيضًا من حيث تكاليف التشغيل والصيانة. وفي ظل غياب المساعدة التقنية والتمويلية المطلوبة،

لا يمكن تنفيذ الأنظمة المركزية. وبالتالي فإن اختيار أنسب تقنية ليست مهمة سهلة. ولكنها قد تقلل من المخاطر المستقبلية. ويتعلق الاختيار بمسألتان رئيسيتان هما[10]

- **القدرة على تحمل التكاليف:** تتعلق القدرة على تحمل التكاليف بالظروف الاقتصادية للمجتمع.
- **مـــــــــدى المـــــلاءمة:** تتعلق الملاءمة بالظروف البيئية والاجتماعية الخاصة بالمجتمع.

على هذا النحو فإن **"التكنولوجيا الأكثر ملائمة"** هي التكنولوجيا **الفعالة إقتصادياً** و**المستدامة بيئياً** و**المقبولة إجتماعياً**. ولتحقيق ذلك لابد من دراسة:

- **الجـــــانب البيئي:** يعد فهم البيئة المستقبلة أمرًا بالغ الأهمية لإختيار التكنولوجيا ويجب تحقيقه من خلال إجراء عملية تقييم شاملة للموقع. حيث يحدد هذا التقييم القدرة الاستيعابية للبيئة المستقبلة. وبالتالي لكى يكون النظام مستدام بيئياً يجب أن يضمن، حماية جودة البيئة (جودة المياه السطحية والجوفية، والنظم البيئية المائية والأرضية، وجودة التربة، وجودة الهواء، .....)، والحفاظ على الموارد واستخدام الطاقة، وإعادة استخدام المياه [11]
- **الجانب الاجتماعي:** يتعلق هذا الجانب بشكل أساسي بالعوامل المحلية التي يمكن أن تؤثر بشكل مباشر على تشغيل وصيانة نظام معين. وتشمل: عادات المجتمع المحلي وأسلوب حياته، وحماية الصحة العامة، ومدى القبول المجتمعى والتصور العام وإستيفاء المتطلبات التشريعية والسياسات واللوائح الحكومية .[12]
- **الجانب الاقتصادي:** يجب إجراء تقييم لفعالية تكلفة النظام المختار مع الأخذ في الإعتبار قيمة الأرض والتكلفة الرأسمالية للتخطيط والبناء وتكاليف التشغيل والصيانة على مدار العمر التشغيلي للنظام. ويجب أن يكون المجتمع قادرًا على تمويل وتنفيذ النظام والتشغيل والصيانة بما في ذلك الإصلاحات والإستبدالات طويلة المدى. ومن ثم، ينبغي النظر في الكثافة السكانية والموقع وكفاءة التكنولوجيا مقارنة بتكلفتها[13]

٣-الحلول اللامركزية القائمة على الطبيعة (NBS) لمعالجة المياة العادمة:

يهدف تطبيق الحلول القائمة على الطبيعة (NBS) لمعالجة المياه العادمة إلى تطوير أنظمة هندسية تحاكي وتستفيد من النظم البيئية مع الحد الأدنى من الإعتماد على العناصر الميكانيكية [14]حيث تستخدم هذه الحلول النباتات والتربة والوسائط المسامية والبكتيريا والعناصر والعمليات الطبيعية الأخرى لإزالة الملوثات من مياه الصرف الصحى. كما إنه يمكن الجمع بين أنواع مختلفة من هذه الحلول لتحقيق كفاءة العلاج المطلوبة. يساهم إستخدام الحلول اللامركزية القائمة على الطبيعة (NBS) لمعالجة المياة العادمة في توفير بيئات أكثر صحة من خلال تحسين جودة المياه وتعزيز البيئة الطبيعية والموائل المحيطة. كما تعزز الصحة الجسدية والعقلية، وتوفير الهواء النظيف والمياه النظيفة، وتساعد في تحسين صحة الإنسان. علاوة على ذلك، يمكن أن توفر مناطق ذات جاذبية جمالية تساعد على تقوية الروابط المجتمعية، وخلق فرص للترفيه أفضل، وزيادة السياحة والتنمية الاقتصادية.، كما يمكن أن يساعد الاستثمار في الحلول القائمة على الطبيعة (NBS) على خفض تكاليف التشغيل، والوصول إلى مصادر دخل جديدة، وزيادة مشاركة العملاء، وتوفير السلع والخدمات البيئية. حيث غالبًا ما تكون تكاليف التشغيل والصيانة، بالإضافة إلى الإستثمارات الأولية، أقل من الأنظمة المركزية التقليدية، إعتمادًا على تكاليف الأرض والتقنيات المستخدمة وتوافر الموارد [15].

٣-١- الأراضى الرطبة المبنية نظام لامركزى قائم على الطبيعة لإدارة المياة العادمة:

الأراضي الرطبة المبنية (CWs) هي أنظمة معالجة لامركزية طبيعية مُصممة هندسيًا. نظرًا لأنها يمكن أن توفر حلولًا بسيطة ورخيصة لمعالجة مياه الصرف الصحي، فإن إستخدام الأراضي الرطبة المبنية للمستوطنات الصغيرة والمتوسطة

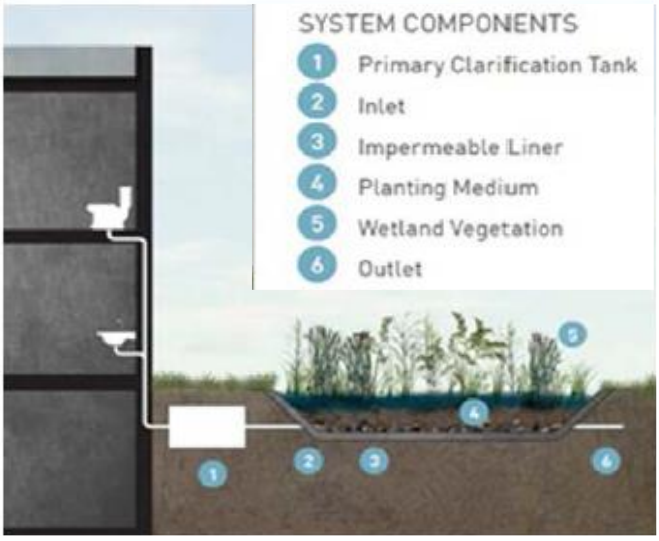
الحجم يتزايد بشكل حاد في دول البحر الأبيض المتوسط والبلدان الإستوائية بسبب الظروف المناخية المواتيةحيث تعتبر بديلاً جذابًا لمعالجة مياه الصرف الصحي التقليدية لحل مشكلة إدارة مياه الصرف الصحي في المدن النامية، حيث تتمتع الأراضي الرطبة المبنية (CWs) بالعديد من المزايا مقارنة بالأنظمة المركزية التقليدية، فهى سهلة التشغيل والصيانة وفعالة من حيث التكلفة وإستهلاك الطاقة. كما تعمل كمتنزه تعليمي وترفيهي، فهى تعمل على تحسين جودة المياة وتعزيز البيئة الطبيعية وموائل الحياة البرية. وقد تم إستخدامها على نطاق واسع كنظام معالجة مياه الصرف الصحي المركزي واللامركزي في الموقع في البلدان المتقدمة والنامية لمعالجة أنواع مختلفة من مياه الصرف الصحي، بما في ذلك مياه الصرف الصحي المنزلية، وجريان مياه الأمطار، ومياه الصرف الزراعي [16].

٢-٣ -مكونات نظام الأراضى الرطبة المبنية وطريقة عملها وانواعها:

الأراضي الرطبة المبنية (CWs) هي أنظمة هندسية تتكون من حوض ضحل مملوء بالماء، وتربة أساسية (معظمها من الحصى أو الرمل) ومزروعة بالنباتات. يسمح النظام لمياه الصرف الصحي المعالجة بالتغذية في النظام والتصريف من خلال هياكل المدخل والمخرج التي

تتحكم في مستوى المياه داخل خلية المعالجة.

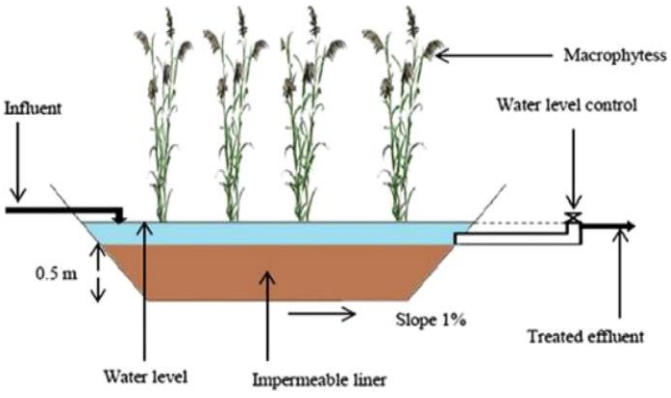
ويوضح الشكل (٤) مكونات نظام الأراضي الرطبة المبنية (CWs)، حيث يتم جمع المياه الرمادية من المنازل إلى نظام معالجة أولي (خزان للصرف الصحي) ثم يتم نقلها بعد ذلك إلى الأراضي الرطبة المبنية (CWs)عبر المدخل للمرور عبر وسيط المرشح، مما يسمح بإستقرار المواد الصلبة والتلامس مع التجمعات البكتيرية على سطح الوسائط وسيقان النبات. ثم تصل مياه الصرف الصحي إلى المخرج بجودة أفضل ليتم إستخدامها [17].



شكل (٣): مكونات نظام الأراضي الرطبة المبنية (CWs)

وهناك نوعان من الأراضي الرطبة المبنية:

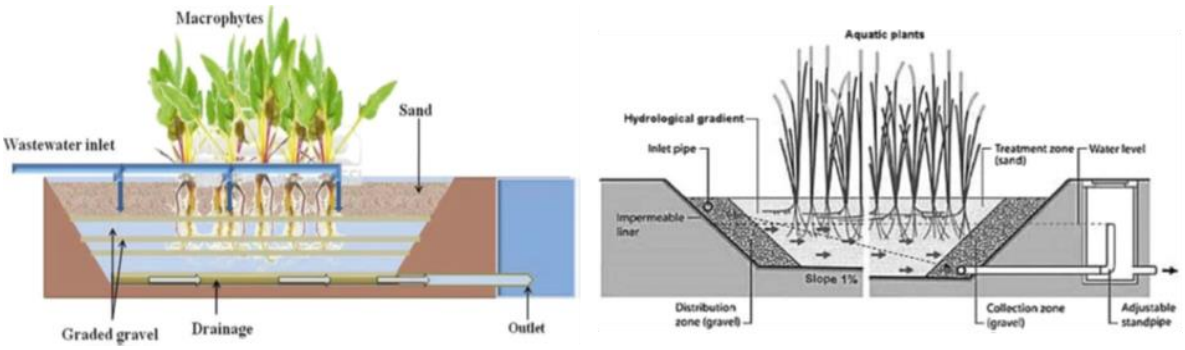
- **الأراضى الرطبة ذات التدفق الحر للمياه السطحية (FWS):** يحاكي هذا النظام مظهر ووظيفة الأراضي الرطبة الطبيعية. حيث يدمج النظام مناطق المياه المفتوحة مع الغطاء النباتي. مما يعزز المناظر الطبيعية للموقع ويوفر موطنًا للحياة البرية. كما إنه يسهل التشغيل والصيانة لأن سطح الماء غير مقيد. [18]. ومع ذلك، فإن العيوب الرئيسية لهذا النوع من الأراضي الرطبة المبنية تتمثل في كونها مواقع تكاثر البعوض المحتملة (ويمكن معالجتها عن طريق



شكل (٤): نظام الأراضي الرطبة المبنية ذات التدفق الحر للمياة السطحية

تعظيم المفترسات اللافقارية الكبيرة في النظام)[19]. بالإضافة إلى مشكلة إرتفاع معدل النتح في المناطق المناخية الحارة. يستخدم نظام التدفق الحر (FWS) كعلاج ثانوي لمعالجة مياه العواصف أو مياه الصرف التي تحتوي على مستوى منخفض من الملوثات والرائحة.

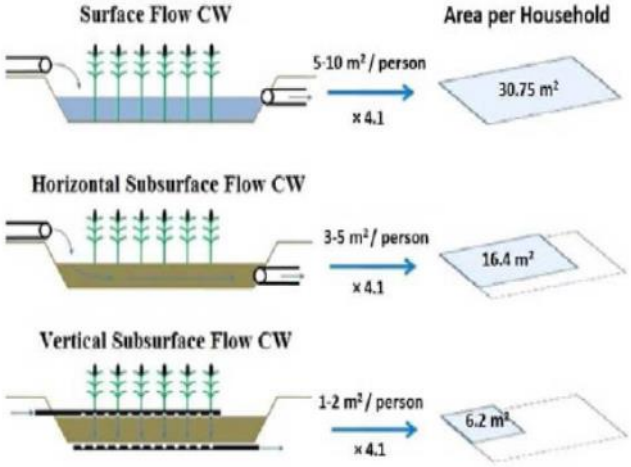
- **الأراضى الرطبة ذات التدفق الجوفى (SSF):** يتم تصنيف نظام (SSF) إلى نظام التدفق الأفقي (HSF) والتدفق الرأسى (VSF) بناءً على اتجاه تدفق المياه. كما هو موضح بالشكل (٦،٥). يستخدم هذا النظام للمعالجة الأولية للمياه السوداء أو المياه الرمادية. حيث تتم إزالة الملوثات من خلال مجموعة من العمليات الفيزيائية، مثل الترسيب أو الترشيح والتفاعلات البيوكيميائية، مثل التحلل الميكروبي [20]. تشمل مزايا هذا النظام فى القدرة العالية على نقل الأكسجين للنظام وبالتالي تحقيق نترجة أفضل، بالإضافة لصغر حجمها عن نظام المياه الحر وقلة المخاوف المرتبطة بالحشرات والروائح الكريهة بالإضافة لقلة معدل النتح نظراً لغمر المسطح المائى. ومع ذلك، فإن النظام المغمور يكون أقل كفاءة في إزالة المواد الصلبة ويمكن أن يتسبب في إنسداد النظام إذا لم يتم تصميم وسط الركيزة والغطاء النباتي بشكل جيد [21]



شكل (٦،٥): نظامى الأراضي الرطبة المبنية ذات التدفق الجوفى الرأسى والافقى المصدر:[Vymazal, J., 2005]

يلعب الغطاء النباتي في الأراضي الرطبة المبنية (CWs) دورًا مهمًا للغاية في تنقية مياه الصرف الصحي. حيث توفر جذورها مساحة كبيرة لنمو الميكروبات، مما يسمح بالتحلل وإمتصاص الملوثات من مياه الصرف الصحي. كما تعزز القيمة الجمالية، لأنها توفر موطنًا للحياة البرية ومنطقة خضراء إضافية.[22]

يوضح الشكل (٧) أنواع مختلفة من الأراضي الرطبة المبنية والمساحة المطلوبة لكل منها لمعالجة المياه. ويتضح من الشكل أن الأراضي الرطبة المُنشأة ذات التدفق الرأسى (VSF) تتطلب مساحة سطحية أقل للمعالجة، بينما تتطلب الأراضي الرطبة ذات التدفق الحر (FWS) مساحة سطحية أكبر[17].

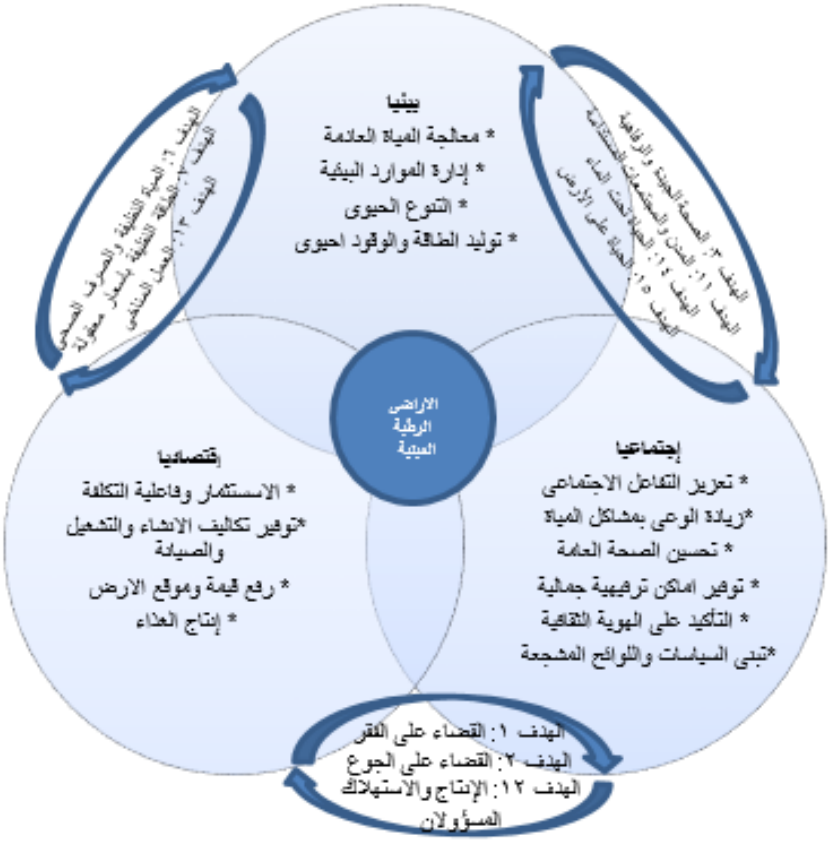


شكل (٧): مقارنة بين أنواع مختلفة من الاراضى الرطبة المبنية والمساحة المطلوبة لكل منها المصدر: [UNICEF,2014]

٣-٣- الأراضى الرطبة المبنية كحل مستدام لادارة المياة العادمة:

ينظر للأراضى الرطبة المبنية (CWs)على أنها حلول مبتكرة لإدارة المخاطر المتعلقة بالمياه، والمساهمة في تحقيق خطة التنمية المستدامة ٢٠٣٠ لإنها توفر العديد من الفوائد بما في ذلك:

- **الفـــــوائد البيئية:** تعمل الأراضى الرطبة المبنية (CWs)على تحسين جودة المياه، وتخزينها، تحسين جودة الهواء، توفير الطاقة والحفاظ عليها وذلك بالاعتماد على الطاقة الشمسية في عمليات المعالجة، وتحسين الموائل الطبيعية وتعزيز التنوع البيولوجي، وإنتاج الغذاء، والتكيف مع ظروف الموقع المحددة، وحماية النظم البيئية الحيوية مثل الأنهار والبحيرات، وتوفير موائل الحياة البرية، وإنشاء المسطحات الخضراء والقضاء على إستخدام المنتجات الكيماوية.[23]
- **الفوائدالاجتماعية:** يؤدى التكامل بين تصميم المباني والمناظر الطبيعية التي توفرها نظام الاراضى الرطبة المبنية (CWs)إلى تفاعل المجتمع مع قضايا معالجة مياه الصرف الصحي، وزيادة الوعي والتثقيف حول مشاكل المياه، وتوفير مساحات عامة كبيرة بتكلفة منخفضة، مما يجعلها تحظى بإيجابية من قبل عامة الناس والهيئات التنظيمية..
- **الفوائد الاقتصادية:** يعتبر نظام الأراضي الرطبة المبنية (CWs) نظام رخيص نسبيًا من حيث تكلفة رأس المال والتشغيل والصيانة. ويرجع ذلك بشكل أساسي إلى التكوين البسيط وقلة إستهلاك الطاقة والمواد الكيميائية إذا ما قورن بنظام المعالجة التقليدية. حيث ان تكاليف البناء هي ٣/١ تكاليف محطة معالجة مياه الصرف الصحي التقليدية، في حين أن تكاليف الصيانة هي ٤/١ تكاليف محطة معالجة مياه الصرف الصحي التقليدية. لأنها لا تحتوي على أجزاء ميكانيكية أو تحتوي على القليل منها، مما ينتج عنه دورات حياة أطول تبلغ حوالي ١٥ عامًا كحد أدنى[24]



شكل (٨): الاراضى الرطبة المبنية (CWs) كحل مستدام لادارة المياة العادمة يحقق العديد من اهداف التنمية المستدامة
المصدر: الباحث

وبالتالي يمكن للأراضي الرطبة المبنية أن تحقق العديد من أهداف التنمية المستدامة بما في ذلك: الهدف١ (القضاء على الفقر)، الهدف٢ (القضاء على الجوع)، الهدف٦ (المياه النظيفة والصرف الصحي)،الهدف ١٢ (الإنتاج والاستهلاك المسؤولان)، الهدف١٣ (العمل المناخي) وأهدافها المحددة، يمكن أن تكون هناك أيضًا مساهمات في تحقيق الهدف ٣ (الصحة الجيدة والرفاهية)، والهدف ٧ (الطاقة النظيفة وبأسعار معقولة)، والهدف ١١ (المدن والمجتمعات المستدامة)، والهدف ١٤ (الحياة تحت الماء) والهدف ١٥ (الحياة على الأرض) [25] كما هو موضح بالشكل(8)

٤- إستعراض تجارب الأراضى الرطبة المبنية لإدارة المياة العادمة:

يُحلل البحث بعض تجارب الأراضي الرطبة المبنية (CWs) لمعالجة مياه الصرف الصحي، لتوضيح فاعلية التجارب في تحقيق الإدارة المستدامة للمياة العادمة بيئياً من حيث تقييم الأثر البيئي وإجتماعيا من حيث مدى القبول المجتمعى والتصور العام وإستيفاء المتطلبات التشريعية نحو تنفيذ هذه التكنولوجيا واقتصادياً من حيث فاعلية التكلفة. كما تمت دراسة تجارب في مصر لإظهار مدى ملاءمة إستخدام الأراضي الرطبة المبنية (CWs) في المناخ المحلي وكفاءة معالجة مياه الصرف الصحي في ظل هذه الظروف.

- **منهجية اختيار الحالات الدراسية:**

1- تشترك في بعض الخصائص بحيث تتناسب مع دراسة الحالة المصرية.

2- أظهرت الحالات الدراسية نتائج إيجابية في تطبيق الأراضى الرطبة المبنية (CWs) كحل فعال ومستدام لإدارة المياة العادمة.

٤-١- تجربة (Kuching)، بولاية ساراواك، بماليزيا:

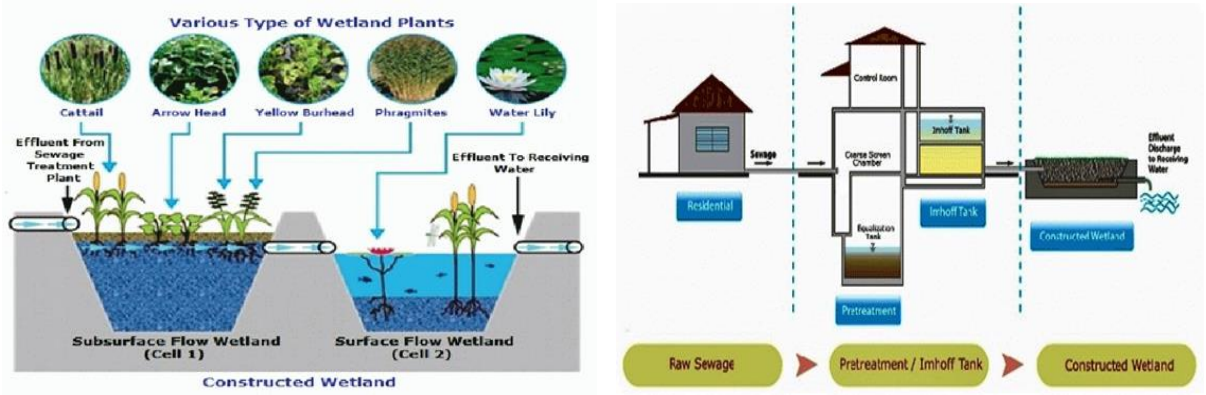
إن تنمية المناطق الريفية لا تزال تمثل جدول أعمال مهمًا لحكومة ولاية ساراواك. [26]. حيث تقع البيوت الطويلة والمستوطنات الريفية الأخرى في ساراواك بالقرب من الأنهار حيث تعتمد سبل عيشتهم بشكل كبير على هذه الممرات المائية. لذلك، فإن حماية البيئات المائية في هذه المجتمعات من التلوث المحتمل أمر مهم. حيث يعتبر التصريف المباشر لمياه الصرف المنزلية أحد الأسباب الرئيسية لتلوث المياه تتمثل التحديات الرئيسية لتطوير نظام الصرف الصحي في ساراواك، في:

- إرتفاع تكاليف التمويل والتشغيل والصيانة لمشاريع الصرف الصحى خاصة في المناطق ذات الكثافات السكانية المنخفضة. ومن ثم تعد تغطية إمدادات المياه المعالجة في المناطق الريفية في ساراواك منخفضة
- عزف المواطنين عن الدفع مقابل خدمات الصرف الصحي مقارنة بإمدادات المياه النظيفة.
- غياب مشغلي مياه الصرف الصحي المتخصصين.
- تمويل معظم مشاريع التخطيط والبناء والتشغيل والصيانة لنظام الصرف الصحي مدعومة من قبل الحكومة.

٤-١-١- أنظمة الاراضى الرطبة المبنية:

هناك مشروعان لأنظمة الأراضي الرطبة المبنية في مدينة (Kuching)، عاصمة ساراواك.

- **مشروع(Taman Boulder Built) :** بدأ تشغيل أول نظام للأراضي الرطبة المبنية (CWs) في عام ٢٠١٠، والذي عالج مياه الصرف الصحي المنزلية من ١٩١ وحدة من المنازل أو ما يعادل ٦٠٠ نسمة [27]. هناك نوعان من خلايا الأراضي الرطبة المبنية (CWs) في محطة معالجة مياه الصرف الصحي. الخلية الأولى عبارة عن نظام تدفق جوفى أفقي (SSF) يستقبل النفايات السائلة الأولية من خزان (Imhoff).ثم يتم تصريف المياه العادمة المعالجة من الخلية الأولى إلى نظام تدفق سطحى (FWS) الذي يعمل كمعالجة من الدرجة الثالثة. كما هو موضح بالشكل (10,9) وقد لوحظ أن جودة النفايات السائلة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي تتوافق مع المعيار A من قانون جودة البيئة ١٩٧٩ (مياه الصرف الصحي والنفايات الصناعية السائلة).



شكل (١٠,٩): نظام الأراضي الرطبة المبنية في مشروع(Taman Boulder Built)
المصدر[Sewerage Services Department Sarawak 2016] :

- **مشروع(Urban EcoSan في Hui Sing Garden):** تم تطبيق مشروع أرض رطبة مبنية بنظام تدفق جوفى أفقي (SSF) في مشروع تجريبي في Hui Sing Garden، Kuching، لمعالجة المياه الرمادية التي يتم تصريفها من تسعة منازل [28]. كعلاج ثانوي. وقد كشفت دراسات الحالة أن الأراضي الرطبة المبنية قد تم إعتبارها حلاً قابلاً للتطبيق لمعالجة مياه الصرف الصحي الثانوية والثلاثية في ساراواك.

٤-١-٢- فاعلية تجربة الاراضى الرطبة المبنية للإدارة المستدامة للمياة العادمة فى ساراواك:

إن الأراضي الرطبة المبنية (CWs) هي نظام لامركزي عملي لإدارة مياه الصرف الصحي المنزلية في المناطق الريفية في ساراواك،

إما لمعالجة مياه الصرف الصحي المنزلية مباشرة أو لمعالجة الصرف الصحي من خزانات الصرف الصحي. ومن ثم سوف نقوم بتقييم التجربة:

- **بيئياً (تقييم الاثر البيئي للنظام):**

أظهر فحص نظام الأراضي الرطبة المبنية (CWs) في كلا المشروعين (Hui Sing Garden في (Kuching، Taman Boulder Built) أنها بديل مناسب لمعالجة مياه الصرف الصحي للمجتمعات الصغيرة حيث أنها منخفضة في إستهلاك الطاقة وإنبعاثات المواد الصلبة. كما أن البصمة البيئية لنظام الأراضي الرطبة المبنية في المجتمعات الصغيرة كانت أقل بكثير مقارنة بنظام الحمأة النشطة التقليدية نظرًا لأنها تقنية تعتمد على الطبيعة والنباتات المحلية مع إستهلاك منخفض للطاقة والمواد الكيميائية [26].

- **إجتماعياً (مدى القبول والتصور العام والمتطلبات التشريعية):**

أُجرى مسحًا اجتماعيًا لدراسة مواقف وسلوك المجتمع المحلي تجاه مشاريع الأراضى الرطبة المبنية (CWs) وقد تلقى ردود فعل إيجابية

من قبل السكان حيث إن المناظر الطبيعية للأراضي الرطبة المبنية (CWs) خلقت نظام محلي لمعالجة مياه الصرف الصحي. وقد أظهر السكان إستعدادًا قويًا لدعم مثل هذا النظام ليتم تنفيذه على نطاق أوسع. وقد أظهر هذا الإستطلاع أيضًا أن الإهتمام والوعي بتلوث المياه كان ضعيفًا بين السكان. بالإضافة إلى ذلك، تم التأكيد أيضًا على دور الحكومة من خلال المسح من حيث وضع السياسة وتنفيذ المرافق لحل مشكلة معالجة مياه الصرف الصحي. [29]حيث أشارت النتائج إلى أن قبول الأراضي الرطبة المبنية (CWs) كطريقة لمعالجة مياه الأمطار ومياه الصرف الصحي من قبل أصحاب المصلحة في صناعة البناء في ساراواك، كان منخفضًا نسبيًا. حيث أظهر المسح أن ٣٦٪ فقط من المستجيبين يعتبرون الأراضي الرطبة المبنية (CWs) حلاً عمليًا لمعالجة مياه الأمطار ومياه الصرف الصحي في ساراواك، وأن ٢٣٪ فقط من المستجيبين كانوا على إستعداد لدفع تكاليف النظام. ويرجع ذلك أساسًا إلى سوء الفهم حول فعاليتها من حيث التكلفة وعدم وجود دليل معياري لتصميم وبناء وتشغيل الأراضي الرطبة المبنية (CWs).علاوة على ذلك، يجب أن يفي تنفيذ النظام بالمتطلبات التشريعية في ساراواك. وقد إتضح إنه وفقًا للوائح الجودة البيئية (مياه الصرف الصحي) لعام ٢٠٠٩، إنه يتطلب لإنشاء نظام معالجة مياه الصرف الصحي إذنًا من السلطة المختصة، حيث يجب تقديم الخطة والمواصفات الخاصة بالنظام. بحيث يتضمن وصفًا لمصدر مياه الصرف الصحي، ومعلومات حول نظام معالجة مياه الصرف الصحي، ومعلومات حول نظام التصريف. حيث يجب أن تتوافق جودة النفايات السائلة مع المعيار المنصوص عليها. ونظرا لأنه لا توجد معايير أو مبادئ توجيهية مناسبة لتشغيل وصيانة نظام الأراضي الرطبة المبنية، مما اعاق بشكل أو بآخر تنفيذ نظام الأراضي الرطبة المبنية في ساراواك.

- **إقتصادياً (فاعلية التكلفة) :**

أوصت إدارة الري والصرف في ساراواك بإستخدام نظام الأراضى الرطبة المبنية كبديل منخفض التكلفة وموفر للطاقة للتخلص من المياة العادمة ومياة الصرف الصحى فهو معالجة رخيصة نسبيًا من حيث تكلفة رأس المال والتشغيل والصيانة لمياه الصرف الصحي. ويرجع ذلك بشكل أساسي إلى التكوين البسيط وانخفاض استهلاك الطاقة والمواد الكيميائية المستخدمة. إلا أن متطلبات مساحة الأرض الكبيرة لإنشاء نظام الأراضى الرطبة المبنية تمثل دائمًا تحديًا في ولاية ساراواك **[26].**

٤-٢- تجربة شهر جافان، إيران:

تم إنشاء مشروع تجريبى للأراضى الرطبة المبنية (CWs) في مدينة (Hashtgerd) فى حي تبلغ مساحته ٣٥ هكتار ويبلغ عدد سكانه ٨٠٠٠ نسمة (حوالي ٢٠٠٠ وحدة سكنية). يتكون التصميم من ٢٨ مجموعة من الاراضى الرطبة مدمجة في أربعة صفوف وقد راعى التصميم الشكل الحضري الإيراني التقليدي، كما هو موضح في الشكل (١١) الذي يتميز بالإرتفاعات المنخفضة والكثافات العالية**[30]**

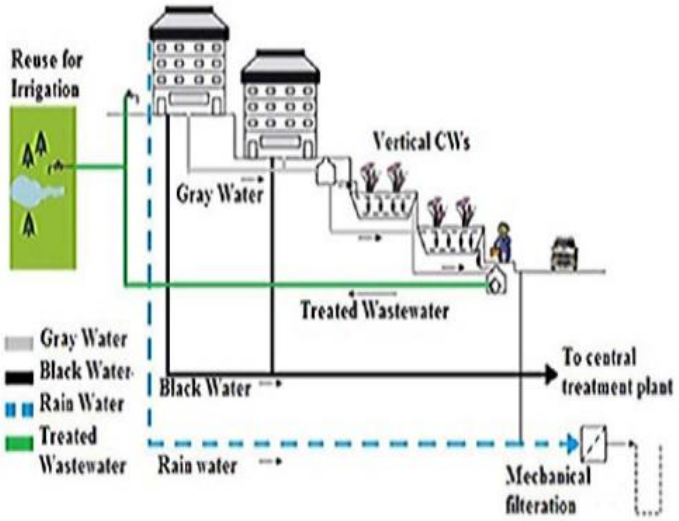
شكل(١١): توزيع الأراضى الرطبة المبنية داخل النسيج الحضرى الإيرانى

يواجه نظام معالجة الصرف الصحى في مجتمع شهرجافان تحديين رئيسيين.

- **<u>التحدى الأول:</u>** هو زيادة عدد السكان، حيث ارتفع عددهم من ٦٧ مليونًا في عام ٢٠٠٣ إلى ٨٠ مليونًا في عام ٢٠١١.
- **<u>التحدى الثانى:</u>** هو نقص المياه، حيث يتزايد الطلب على المياه:. بالإضافة الى تلوث الموارد المائية الحالية بسبب عدم كفاءة نظم معالجة مياه الصرف الصحي و تسريب مياة الصرف الصحى الملوثة

٤-٢-١-أنظمة الاراضى الرطبة المبنية:

تم إختيار نظام الأراضى الرطبة المبنية ذات التدفق الجوفى الرأسى (VSF) لتناسب المنحدر في الحي بحيث يمكن أن تتدفق المياه عن طريق الجاذبية دون الحاجة إلى مضخات.[31] ويتم جمع المياه السوداء ومعالجتها في محطة معالجة مركزية، بينما يتم تصفية مياه الأمطار لإعادة استخدامها. كما هو موضح بالشكل(12)



شكل(١٢): إحترام نظام الأراضى الرطبة المبنية لطبوغرافيا الموقع في تجربة شهر جافان ونظام فصل المياة العادمة عن المياة الرمادية في المباني المصدر[Mohajeri,S. Vocks,M. 2011]:

٤-٢-٢- فاعلية تجربة الأراضى الرطبة المبنية للإدارة المستدامة للمياة العادمة في شهر جافان:

سمح النسيج الحضرى للمدينة بإتباع نهج لامركزى في معالجة المياة، حيث تم توظيف الأراضى الرطبة المبنية (CWs) كعنصر تصميمى ضمن النسيج الحضرى. ومن ثم إتضح أثر ذلك:

- **بيئياً (تقييم الاثر البيئي للنظام):**

سمح نظام المعالجة اللامركزية للمياه الرمادية بإعادة إستخدام المياه بكفاءة في ري الحدائق والمساحات الخضراء [32] . حيث تم تنفيذ نظام صرف صحي منفصل لفصل المياه الرمادية عن المياه السوداء. حيث يتم معالجة المياه الرمادية في الأراضي الرطبة المبنية (CWs) اللامركزية وإعادة استخدامها للري، وغسل المراحيض والإستخدامات الأخرى غير الصالحة للشرب, وقد سمح النظام بعلاج المياة في الموقع وإلغاء الحاجة إلى خطوط نقل طويلة ومن ثم منع تسرب المياه الملوثة.

- **إجتماعياً (مدى القبول والتصور العام والمتطلبات التشريعية):**

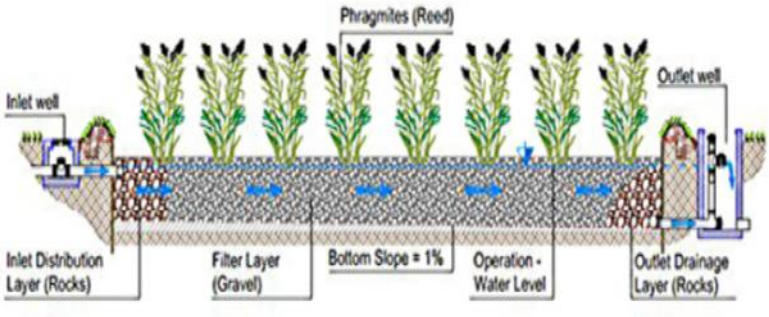
أتاحت المساحات الموزعة للأراضي الرطبة المبنية (CWs) بتخلخل المساحات الخضراء والمسطحات المائية في الشكل الحضري لمجتمع شهر جافان، حيث إن كل مجموعة لها فناء مركزي محاط بأربع مجموعات بناء. مما أتاح إنشاء مراكز أحياء لا مركزية وتوفير جميع وسائل الراحة على مسافة قريبة من كل السكان، وإنشاء مناطق خضراء[21]. ومن ناحية المتطلبات التشريعية إتضح انه تم دمج الأراضى الرطبة المبنية (CWs) في مراحل التصميم المبكرة لتوفير تصميم متكامل بحيث تم إعتبارها عنصراً تصميمياً من عناصر المشروع.

- **إقتصادياً (فاعلية التكلفة) :**

سمح نظام الأراضي الرطبة المبنية (CWs) بإعادة إستخدام ٧٠٪ من المياه في الري، وتوفير المسطحات المائية الإصطناعية، وتنظيف الشوارع والسيارات ومنع تسرّب المياه الجوفية. بالإضافة إلى ذلك، يمكن بناء النظام اللامركزي على مراحل، وبالتالي يمكن تمويله بسهولة بدلاً من إنشاء البنية التحتية الكاملة قبل الإنتهاء من مراحل التطوير. فقد وفرت الأراضى الرطبة المبنية (CWs) تكاليف إستثمارية حوالي ٥٠٪ أقل للفرد مقارنة بمحطة الحمأة النشطة التقليدية [33]

٤-٣-مزرعة سيكم، مصر:

يقع المشروع في منطقة بلبيس شرق محافظة الشرقية ٥٥ كم شمال شرق القاهرة. تضمنت المنطقة المستهدفة للمشروع التجريبي المدرسة الداخلية للمزرعة، وعدد قليل من مباني المكاتب، ومجموعة من الخدمات (المطبخ وغرفة الغسيل و...).ويعتبرالهدف الرئيسي هو دمج التجربة الأوروبية مع الممارسة المصرية لإدارة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدام المياه لري مزارع الأخشاب وكذلك حماية المياه الجوفية. [34]



شكل(١٣): نظام الأراضي الرطبة المبنية في مشروع سيكم المصدر: [AEE,2008]

٤-٣-١- أنظمة الاراضى الرطبة المبنية:

تم إستخام نظام الأراضى الرطبة المبنية ذات التدفق الجوفى(SSF). بلغ إنتاج المياه العادمة في المنطقة المستهدفة ١٥م3 / يوم. تمت إضافة تدفق إضافي بمقدار٥م٣ / يوم، مع الأخذ في الاعتبار الزيادة المستمرة في عدد السكان في السنوات القليلة الماضية. وبالتالي كان معدل التدفق الإجمالي للتصميم ٢٠ م٣ / اليوم. يعمل نظام المعالجة بكامل طاقته ويعاد إستخدام المياه المعالجة لري أشجار الأوكالبتوس التي تستخدم في صناعة علب التغليف. [35]

٤-٣-٢- فاعلية تجربة الاراضى الرطبة المبنية للإدارة المستدامة للمياة العادمة في مزرعة سيكم:

أثبتت الدراسة أن الأراضي الرطبة المبنية (CWs)هي أنظمة معالجة مهمة، لا سيما في المناطق اللامركزية. ويتضح ذلك من خلال

تقييم التجربة:

- **بيئياً (تقييم الاثر البيئي للنظام):**

أدى تنفيذ نظام الأراضي الرطبة المبنية (CWs) إلى تحسين جودة المياة المعالجة بإستخدام الرمل المعالج مما يحسن من جودتها الفيزيائية. كما نتج عن المعالجة حماية الصحة العامة والبيئة والمياه الجوفية.

- **إجتماعياً (مدى القبول والتصور العام والمتطلبات التشريعية):**

تحسنت البيئة المحيطة واصبحت أكثر صحة وجاذبية من الناحية الجمالية مع تعزيز البيئة الطبيعية. تقوم إدارة سيكم بتوسيع المخطط ليشمل جميع المدارس في البلدية[36]. ومن ناحية المتطلبات التشريعية، تتوافق جودة النفايات السائلة ضمن الحدود المسموح بها للمواصفات القياسية المصرية. وبالتالي ففي ظل ظروف مماثلة، مع توافر مساحة كافية من الاراضى لإنشاء الأراضي الرطبة المبنية، يعتبر مثل هذا النظام نظامًا قويًا وفعالًا.

- **اقتصادياً (فاعلية التكلفة) :**

يوفر نظام الأراضي الرطبة المبنية (CWs) حوالي ١٥ م٣ / يوم من المياه العذبة لري المنطقة الزراعية باستخدام المياه المعالجة بكفاءة وتزداد صافي القيمة الحالية للنظام مما يدل على استدامته الاقتصادية.

٥ – تحليل مقارن لحالات الدراسة:

يوضح الجدول (١) مدى ملائمة إستخدام الأراضى الرطبة المبنية (CWs) كنهج لامركزى مستدام في كل من الأمثلة المدروسة. حيث يمكن تقييم مدى إستدامة الأراضى الرطبة المبنية كتقنية لمعالجة مياة الصرف الصحى المستخدمة في مجتمع معين لتحديد ما يناسبها إقتصاديا وبيئيا وإجتماعيا.

		التجارب المدروسة / معايير تحقيقها	تجربة ساراواك	تجربة شهرجافان	تجربة سيكم
معايير استدامة الاراضى الرطبة المبنية كنهج لامركزى لمعالجة المياة العادمة	بيئى	معالجة المياه العادمة وإعادة استخدامها	•	•	•
		إدارة الموارد البيئية	•	•	•
		التنوع الحيوى	•	•	•
		توليد الطاقة والوقود الحيوى	-	-	-
	إجتماعى	تعزيز التفاعل الاجتماعى	•	•	•
		زيادة الوعى بمشاكل المياة (التصور العام للمجتمع)	-	•	-
		تحسين الصحة العقلية والبدنية وصحة المجتمع	•	•	•
		توفير أماكن ترفيهيه وجمالية	•	•	•
		التأكيد على الهوية الثقافية	-	•	-
		تبنى السياسات الحكومية واللوائح المشجعة	-	•	-
	إقتصادى	الاستثمار وفعالية التكلفة	-	•	•
		توفير تكاليف الانشاء والتشغيل والصيانة	•	•	•
		رفع قيمة وموقع الأرض	-	•	•
		إنتاج الغذاء	-	-	-

يتضح من خلال إستعراض التجارب السابقة بعض المعايير لإستخدام الأراضى الرطبة المبنية في المجتمعات كطريقة مستدامة لمعالجة المياة العادمة.حيث يظهر من خلال استعراض:

- **تجربة ساراواك:** إن الأراضى الرطبة المبنية (CWs) نظام لامركزى عملى وفعال لإدارة مياة الصرف الصحى خاصة في المناطق الريفية لكونها فعالة من حيث التكلفة والطاقة، فضلاً عن بساطتها في التشغيل والصيانة وذلك في حالة توافر الأراضى لإنشاءها وتنمية الوعى والمعرفة لدى المجتمع المحلى بقضايا تلوث المياة. بالإضافة إلى تبنى مجموعة من القوانين والسياسات والمبادئ التوجيهية للترويج لنظام الأراضى الرطبة المبنية لدى السلطات المحلية والمطورين والقطاع الخاص.
- **تجربة شهر جافان:** إن الأراضى الرطبة المبنية (CWs) تم إدراجها في مراحل مبكرة من عملية التصميم، فقد سمح النسيج الحضرى للمدينة بإتباع نهج لامركزى في معالجة المياة، حيث تم توظيف الأراضى الرطبة المبنية كعنصر تصميمى ضمن النسيج الحضرى. مما أتاح المزيد من الفوائد الإقتصادية والإجتماعية والبيئية، من حيث توفير مناطق ترفيهيه وخضراء تزيد من المناظر الطبيعية

والقيمة الجمالية، وتحسن من الأداء البيئى. كما سمح دمج الأراضى الرطبة المبنية في الشكل الحضرى بزيادة إدراك السكان لعملية

معالجة الصرف الصحى، وزيادة الوعى البيئي والإهتمام بالحفاظ على المياة، وبالتالي تقليل الطلب على المياة.

- **تجربة سيكم:** تم إستخدام الأراضى الرطبة المبنية (CWs) بنجاح في مجتمع منخفض الكثافة، ويمكن تعزيز ورفع وعى مجتمع سيكم بأهمية الأراضى الرطبة المبنية وفاعليتها من خلال السماح لطلاب المدرسة القريبة بفحص نظام الأراضى

الرطبة المبنية. وبالتالي يمكن تطبيق المشروع في المجتمعات الحضرية لتحقيق المزيد من الفوائد البيئية والإجتماعية والإقتصادية.

٦- الفرص والتحديات لتطبيق نظام الاراضى الرطبة المبنية في مصر:

تعد ندرة المياه تحديًا كبيرًا لإستدامة مصر وتنميتها. فقد أدى سوء التخطيط وعدم تكامل إدارة المياه في تصميم المجتمعات إلى ارتفاع الطلب على المياه. وقد أثبتت الدراسات أن مياه نهر النيل آخذة فى التناقص مما قد يؤدي إلى تهديد وشيك بندرة المياه في مصر، لذلك فنحن فى حاجة ماسة لتعويض هذا النقص وذلك بإستخدام حلول غير تقليدية لإعادة تدوير المياه بطرق مختلفة. لذا كان لزاماً على الدولة المصرية السعي للحفاظ على مواردها المائية من خلال دعم مشروعات الأراضي الرطبة المبنية التى أصبحت مثار نقاشات عديدة فى الأوساط الأكاديمية. فالبحث يسعى لدراسة نقاط القوة والضعف والفرص والمخاطر لإستخدام الأراضي الرطبة كنظم لامركزية فعالة لإدارة وإعادة استخدام المياه العادمة في المجتمعات ولا سيما في المناطق الريفية والشبه حضرية كما هو موضح في الشكل(١٤)

شكل (١٤) تحليل القوى الداخلية والخارجية لتطبيق نظام الاراضى الرطبة المبنية في مصر.....المصدر الباحث بتصريف من [Alexandros I. Stefanakis;2020]

٧- نهج لتعزيز نظام الأراضي الرطبة المبنية كحل لامركزى مستدام لادارة المياة العادمة في مصر:

أظهرت الدراسة أن تطبيق الأراضى الرطبة المبنية (CWs) يعتبر حلاً واعداً للإدارة المستدامة للمياة العادمة في العديد من التجارب، وبالتالى من أجل معالجة القيود والإستفادة من جميع مزاياها وكذلك المساهمة في جهود تكرار الممارسات الجيدة للأراضى الرطبة المبنية في مصر، تمت التوصية بالإستراتيجيات التالية:

أولاً: على المستوى البيئى:

- **وضع دليل ارشادى قياسى لتصميم وبناء وتشغيل الاراضى الرطبة المبنية:** يجب وضع مبادئ توجيهية أثناء مراحل التصميم والتشغيل والصيانة. فمن الضروري، مراعاة ذلك على كافة المستويات الاتية:

➢ **على المستوى الحضرى:**

- إدراج الأراضى الرطبة المبنية في مراحل مبكرة من عملية التصميم للمجتمعات الجديدة، ودمج الاراضى الرطبة المبنية ضمن النسيج الحضرى في المجتمعات الريفية والشبه حضرية القائمة، وتوظيفها كعنصر تصميمى ضمن النسيج الحضرى.
- تنفيذ الأراضى الرطبة المبنية على مراحل بحيث تسمح بتلبية حاجة المجتمع الحالية مع الاخذ في الاعتبار الاحتياج المستقبلى، وبالتالي تجنب التنفيذ المكلف لأنظمة المعالجة المركزية.
- ضرورة إحترام ظروف الموقع ومحدداته، وبالتالي التغلب على المشاكل المرتبطة بظروف الموقع.

➢ **على مستوى المباني:**

- تصميم المباني الجديدة بنظام توزيع مزدوج لفصل المياة الرمادية الناتجة من (الاحواض،الغسالات،.....) عن المياة السوداء الناتجة من (المراحيض، المباول،.....) بحيث يتم معالجة المياة الرمادية في الموقع وإعادة إستخدامها للأغراض غير الصالحة للشرب, وإلغاء الحاجة إلى خطوط نقل طويلة لمنع تسرب المياه الملوثة.

➢ **على مستوى النظام:**

- يفضل إستخدام أنظمة الاراضى الرطبة المبنية ذات التدفق الجوفى (SSF) وخاصة الرأسى منها (VSF) على الأراضي الرطبة المبنية

ذات التدفق السطحى (FWS)، نظرًا لصغر مساحتها وإرتفاع درجات الحرارة مما يزيد من معدلات التبخر.

- ينبغي إجراء دراسة مناسبة لأنواع النباتات المحلية المتاحة المستخدمة في الأراضي الرطبة المبنية لتحديد طلبها على المياه. حيث يجب مراعاة إختيار أنواع النباتات للحد من معدلات التبخر والنتح للحفاظ على توازن الماء في هذه الأنظمة.
- ينبغي إدارة الكتلة الحيوية للنباتات المنتجة. طبقا لبرامج زمنية محددة حتى لا تؤثر على فاعلية النظام. حيث تميل النباتات إلى أن تكون أكثر إنتاجية في المناخ الدافئ. ومن ثم لابد من حصاد الكتلة الحيوية فوق سطح الأرض، ويمكن إعادة إستخدام الكتلة الحيوية لإنتاج السماد والوقود الحيوي.

ثانياً: على المستوى الأجتماعى:

- **رفع الوعى لدى المجتمع بأهمية الاراضى الرطبة المبنية:** أن الوعي والمعرفة بقضايا ندرة المياه واهمية الحفاظ عليها وإعادة استخدامها أمران حاسمان. ويعد تزويد السكان المحليين بإمكانية الوصول إلى الموارد والمعلومات اللازمة للتأثير على القضايا البيئية التي تؤثر عليهم خطوة حاسمة نحو تطبيق الأراضى الرطبة المبنية (CWs) لتحقيق الإدارة المستدامة للمياه العادمة. من خلال تعزيز قاعدة المعرفة بأهمية الأراضى الرطبة المبنية (CWs) كنظام لامركزى عملى وفعال لإدارة مياة الصرف الصحى خاصة في المناطق الريفية والشبه حضرية لكونها حلول فعالة إقتصاديا ومستدامة بيئيا.

- **الترويج للأراضى الرطبة المبنية لدى السلطات المحلية والمطورين وصناع القرار ومشاركة أصحاب المصلحة المعنين:**

إن صياغة السياسات الفعالة لإدخال نظام الأراضى الرطبة المبنية (CWs) لإدارة المياة العادمة، والتنفيذ الناجح لهذه السياسات يتطلب:

- الترويج لنظام الأراضي الرطبة المبنية (CWs) لدى السلطات المحلية والمطورين وصناع القرار و..... كنظام يؤدي إلى تحسين جودة المياه والبيئة.
- إتباع اللامركزية في صنع القرار والمشاركة النشطة لأصحاب المصلحة المعنيين، بما في ذلك جميع الجهات الفاعلة وتشمل: (السلطات المسؤولة عن الموارد المائية، والمستخدمين المستقبليين للنفايات السائلة المعالجة، ومقدمي الخدمات الخاصة أو العامة، والسلطات الحكومية المحلية، والمطورين و المستثمرين، ومؤسسات التمويل والبحث، والمنظمات مجتمعية، والمؤسسات التعليمية،.....)

- **تضمين نظام الأراضى الرطبة المبنية كخيار لمعالجة المياة العادمة في سياسات إدارة المياة**: لابد من تبنى استراتيجية موحدة ومتكاملة لإدارة مختلف مكونات الموارد المائيه، بما في ذلك معالجة مياه الصرف الصحي ولا سيما معالجة المياة العادمة وتعزيز استخدام النظم اللامركزية وخاصة نظم الاراضى الرطبة المبنية (CWs) في المجتمعات الجديدة والمناطق الريفية والشبه حضرية

القائمة.

ثالثا: على المستوى الأقتصادى:

- **توفير التمويل لضمان الاستقرار المالي والاستدامة لمشاريع الاراضى الرطبة المبنية:** تتمثل إحدى القضايا الرئيسية في إنشاء مشاريع الأراضى الرطبة المبنية (CWs) في كيفية ضمان الاستقرار المالي والاستدامة. ولضمان ذلك لابد من اجراء تقييمات شاملة لدورة

الحياة لتحديد فعالية التكلفة وقدرة المعالجة للنظام خلال فترة زمنية معينة. ومن الضرورى أن يأخذ في الاعتبار عند تصميم المجتمعات

الجديدة إستخدام الأراضى الرطبة المبنية في مراحل التصميم المبكرة لتقليل التكاليف. كما يجب أن يكون المجتمع قادرًا على تمويل النظام وتكالبف التشغيل والصيانة بما في ذلك التحسين الرأسمالي المطلوب في المستقبل والإصلاحات والإستبدالات طويلة الأجل.

٨- النتائـــــج:

خلص البحث الى مجمزعة من النتائج وهى:

- لا يمكن للمدن أن تكون مستدامة دون ضمان الوصول الموثوق إلى مياه الشرب الملائمة والمرافق الصحية الملائمة.
- تعتبر إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة موردا مائيا جديدا لحل ازمه ندرة المياه التي تعاني منها معظم البلدان مثل مصر.
- أصبحت الإستدامة قضية أساسية لإدارة مياه الصرف الصحي. ومع ذلك، فإن الأنظمة المركزية تواجه العديد من الحواجز المؤسسية والقانونية والتقنية والاجتماعية والاقتصادية وخاصة في البلدان النامية.
- إكتسبت النظم اللامركزية لمعالجة مياه الصرف الصحي التي تستخدم مزيجًا من أنظمة الموقع أو الأنظمة العنقودية مزيدًا من الاهتمام. حيث يعتبر هذا النهج ليس فقط حلاً طويل الأمد للمجتمعات، ولكنه أكثر إستدامة ومرونة وفاعاية من حيث التكلفة واستهلاك الطاقة والتأثير البيئى.

- تعتبر التكنولوجيا الخضراء للأراضي الرطبة المبنية كحل لامركزى فعال ومستدام لمعالجة مياه الصرف الصحي حيث توفر بديلاً مجديًا للتغلب على هذه العقبات القائمة أمام النظم المركزية التقليدية.
- إن إستخدام الأراضي الرطبة المبنية لمعالجة مياه الصرف الصحي هو نهج مستدام لفوائدها البيئية والاقتصادية والاجتماعية.
- تعتبر الأراضي الرطبة المبنية حلاً بديلاً وفعالاً من حيث التكلفة لمعالجة مياه الصرف الصحي في القرى الصغيرة والمعزولة والمستوطنات ذات الكثافات السكانية المنخفضة وللأسر المنفردة، والأحياء / المجمعات السكنية، والمناطق التجارية، والصناعات الصغيرة. حيث لا يكون بناء البنى التحتية الضخمة ميسور التكلفة.
- على الرغم من أنه لا تزال هناك بعض التحديات الناشئة عن تطبيق تكنولوجيا الاراضى الرطبة المبنية، إلا أنه يمكن التعامل معها بشكل كافٍ من خلال التصميم والبناء المناسبين.
- تسمح مرونة التصميم التي توفرها تقنية الأراضي الرطبة المبنية بمزيد من الأساليب المبتكرة للتكامل مع البيئة الحضرية.
- وجود تجارب ناجحة لتطبيقات الأراضى الرطبة المبنية والتي توضح ليس فقط الكفاءة التقنية لتلك التكنولوجيا، ولكن أيضًا الطابع المستدام لهذه التكنولوجيا التي يمكن تكييفها مع الظروف المناخية والمادية المحلية، وقدرات الموارد المالية والبشرية، وثقافة المجتمع المحلي.
- في حالة مصر، وهي دولة قاحلة يتركز فيها عدد السكان المتزايد في وادي النيل والدلتا، فإن إحدى قضايا التنمية المهمة هي إعادة توزيع السكان خارج وادي النيل. وبالتالي، فمن الضروري استصلاح أراضٍ جديدة في الصحراء لبناء مجتمعات جديدة.يفرض تصميم المجتمعات الجديدة ضغوطًا إضافية على إدارة موارد المياه في المناطق الحضرية. وبالتالي يجب أن تبحث المجتمعات عن موارد مائية جديدة، مثل إعادة استخدام المياه الرمادية لأغراض غير صالحة للشرب.
- إن تطبيق الأراضي الرطبة المبنية في المجتمعات الجديدة والمجتمعات الريفية والشبه حضرية القائمة في مصر. يساعد على تقليل استهلاك المياه، وتوفير المزيد من المساحات الخضراء، والمساحات الترفيهية، وتوفير بيئة أفضل للسكان، وتقليل أسعار خدمات المياه، وبالتالي جذب المزيد من السكان وتقليل الزيادة السكانية والإجهاد على دلتا النيل من خلال بناء مجتمعات ناجحة مكتفية ذاتيا.

٩- التوصيـــــــــــات:

أصبح نظام الأراضى الرطبة المبنية كنظام للمعالجة اللامركزية للمياه العادمة حلاً واعدًا للإدارة المستدامة الفعالة لمياه الصرف الصحي المحلية. لذلك، من أجل الحصول على المزايا الكاملة وتكرار الممارسات الجيدة للأراضى الرطبة المبنية في مصر، تمت التوصية بالاستراتيجيات التالية:

- وضع خطة استراتيجية وطويلة الاجل لادارة المياة العادمة، والتأكيد على الالتزامات القوية والإدارة السياسية من كل من الحكومات المركزية والمحلية.
- يتطلب صياغة السياسات الفعالة لإدخال نظام الأراضى الرطبة المبنية لادارة المياة العادمة، والتنفيذ الناجح لهذه السياسات مشاركة جميع أصحاب المصلحة المعنيين، بما في ذلك جميع الجهات الفاعلة.
- يحتاج المخططون البيئيون وصانعو القرار إلى تشريعات مناسبة لدعم وتعزيز استخدام النظم اللامركزية وخاصة نظم الأراضى الرطبة المبنية.

- يجب تقليل دعم المياه لتشجيع الاستخدام الرشيد للمياه ويجب وضع قوانين ولوائح جديدة لحظر استخدام المياه الصالحة للشرب للأغراض غير الصالحة للشرب وتشجيع استخدام المياة المعالجة.
- استخدام آليات وأدوات اقتصادية مبكرة وفعالة للإدارة المالية واجراء تقييمات شاملة لدورة الحياة لتحديد فعالية التكلفة للأراضى الرطبة المبنية لضمان الاستقرار المالى واستدامة المشروع.
- إعتماد المجتمعات الجديدة في مصر من صغيرة إلى متوسطة الحجم على أنظمة الأراضى الرطبة المبنية.
- يجب أن يأخذ تصميم المجتمعات الجديدة في الاعتبار استخدام الأراضي الرطبة المبنية في مراحل التصميم المبكرة لتوفير تصميم متكامل وتقليل التكاليف ومناطق التنفيذ بعد اكتمال البناء.
- يجب دمج الأراضى الرطبة المبنية ضمن النسيج الحضرى في المجتمعات الريفية والشبه حضرية القائمة، وتوظيفها كعنصر تصميمى ضمن النسيج الحضرى.
- يجب الترويج لنظام الأراضي الرطبة المبنية لدى السلطات المحلية والمطورين و..... كنظام يؤدي إلى تحسين جودة المياه.
- يجب تنظيم حملات توعية عامة لإطلاع الجمهور على أهمية تطبيق الأراضى الرطبة المبنية لتحقيق الإدارة المستدامة للمياه العادمة. من خلال تعزيز قاعدة المعرفة بالمشكلات البيئية المياه وقضايا ندرة المياه المتزايدة ومزايا إعادة استخدامها.
- يجب مراقبة نظام الأراضى الرطبة المبنية بانتظام، وإشراك أعضاء المجتمع في المراقبة التي تؤدي إلى نجاح طويل المدى للنظام.
- يوصى بإستخدام الأراضي الرطبة المبنية في مناطق التنمية الجديدة ومشروع تنمية الريف المصرى من خلال المبادرة الرئيسية "حياة كريمة" لتقليل الحاجة إلى محطات معالجة المياه المركزية، نظرًا لاستهلاكها العالي للطاقة وتأثيراتها البيئية.
- أخيرًا، يوصي البحث بإجراء مزيد من البحث في مجال المستويات الحضرية والبيئية والاقتصادية للأراضي الرطبة المبنية.

المـــــراجع:

1- Fisher, M., 2010. “The economics of water dispute resolution, project evaluation and management: an application to the Middle East”. International Journal of Water Resources Development 11, 377–390.
2- Bakir, H.A., 2001. “Sustainable wastewater management for small communities in the Middle East and North Africa”. Journal of Environmental Management 61,319–328.
3- Wilderer, P.A., Schreff, D., 2000. “Decentralized and centralized wastewater management: a challenge for technology developers”. Journal of Water Science and Technology 41 (1), 1–8.
4- UNESCWA.2017. “Wastewater: An Arab Perspective. United Nations Economic and Social Commission for Western Asia”; E/ESCWA/SDPD/2017/BOOKLET.1; United Nations House: Beirut, Lebanon.
5- Sato, T., Qadir, M., Yamamoto, S., Endo, T. and Zahoor, A. 2013. “Global, regional, and country level need for data on wastewater generation, treatment, and use”. Journal of Agricultural Water Management 130:1-13
6- Moghaddam, V.K.; Changani, F.; Mohammadi, A.; Hadei, M.; Ashabi, R.; Majd, L.E.; Mahvi, A.H.2017. “Sustainable development of water resources based on wastewater reuse and

upgrading of treatment plants: A review in the Middle East". Journal of Desalination and Water Treatment. 65, 463–473.
7- Miller,G. 2006."Integrated Concepts in water reuse:managing global water needs". Journal of Desalination and Water Treatment,Vol 187,65-75.
8- Massoud.M.A. et al.2009. "Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries". Journal of Environmental Management 90, 652–659
9- Wilderer, P.A., 2005. "Sustainable water management in rural and peri-urban areas:what technology do we need to meet the UN millennium development goals?". Journal of Water Science and Technology 51 (10), 1–6.
10- Hegazy. B. El-Khateeb M. A., El-adly.A. A. Kamel.M. M.2007." Low-Cost Wastewater Treatment Technology". Journal of Applied Sciences 7 (6): 815-819
11- Ho, G., 2005. "Technology for sustainability: the role of onsite, small and community scale technology". Journal of Water Science and Technology 51 (10), 15–20.
12- Jantrania, A., 1998. "Integrated planning using on-site wastewater systems". NC website. The NC State University, Raleigh. https://vernonjames.ces.ncsu.edu/integrated-planning-using-on-site-wastewater-systems/Last accessed in May 2022.
13- Parkinson, J., Tayler, K., 2003. "Decentralized wastewater management in peri-urban areas in low-income countries". Journal of Environment and Urbanization 15 (1), 75–79.
14- Elzein Z., Abdou A. and Abdelgawad I. 2016. "Constructed Wetlands as a Sustainable Wastewater Treatment Method in Communities". Journal of Procedia Environmental Sciences 34,605—617.
15- European Investment Bank. 2020. "Investing in nature: financing conservation and nature based solutions". Luxembourg, Luxembourg.
16- Machado, A. J., Beretta, M., Fragoso, R. & Duarte, E. 2017." Overview of the state of the art of constructed wetlands for decentralized wastewater management in Brazil". Journal of Environmental Management. 187, 560–570.
17- Ulsido,M. 2014."Performance evaluation of constructed wetlands:Areview of and semi-arid climatic"-African journal of Environmental Science and Tecnology.Vol.8 ,pp99-106
18- Molle, P.; Latune, R.L.; Riegel, C.; Lacombe, G.; Esser, D.; Mangeot, L. 2015." French vertical-flow constructed wetland design: Adaptations for tropical climates". Journal of Water Science and Technology 71, 1516–1523
19- Walton, W.E.2019." Constructed wetlands still produce mosquitoes". Proceedings and Papers of the Mosquito and Vector Control Association of California, 87, 1–5.
20- Abou-Elela, S.I., Hellal, M.S., 2012. "Municipal wastewater treatment using vertical flow constructed wetlands planted with Canna, Phragmites and Cyprus". Journal of Ecological Engineering 47, 209-213.
21- Weber,E;seeling,S;Ohlenburg,H.and Bergmann,N.(2013)."Urban Challenges and Urban Design Approaches for Resources-Efficient and Climate Sensitive Urban Design in the MENA Region". Journal of Young Cities Research Paper Series,Volume 5.
22- Idris, N.I.M. 2015." Constructed Wetland as Natural Waste Water Treatment and Public Park in Urban Area – An Overview" Journal of Enviornment and Earth Science. Vol 5. pp 95-97.

23- UNEP. 2004. “Constructed Wetlands: How to Combine Sewage Treatment With Phytotechn-ology”. Management:Land-water Interaction.
24- Nelson, M. 2014.” Wastewater Garden Information Sheet. IS20120105”. Available at www.wastewatergardens.com/pdf/WWG _AboutConstructedWetlands.pdf. Last accessed in May 2022
25- Aghmiuni, S., Nockrach, M. and Kalantari, Z. 2019. “The potential of wetlands in achieving the sustainable development goals of the 2030 Agenda”. Journal of Water, Vol 11, 609.
26- Tang, F.E., Tan, Y. Y. , Ho, C. L. 2019. “Engineered Wetlands for Water Treatment in Sarawak: Viable and Sustainable International Conference on Environment “.IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 495
27- Sewerage Services Department Sarawak ,2016.”Sewage Treatment Plant at Taman Boulder Built Kuching”
28- Sewerage Services Department Sarawak ,2016. “Centralized Sewerage System for Kuching City”
29- NREB and DANIDA. 2004.” Social survey: attitudes and behaviour towards water, wastewater and the pilot project for ecological sanitation DANIDA-Sarawak Government Urban Environmental Management System Project”.
30- Seelig,S. 2011.”A Pilot Project for Sustainable Housing:The 35 ha Area in Hashtgerd New Town,Iran Young Cities:Developing Urban Energy Efficiency.Tahran-Karaj”.Research for sustainable Megacities of Tomorrow Energy and Climate efficient Structures in Urban Growth Centers. BTU Cottbus.
31- Seelig,S. 2009.”Low Carbon Housing For Young Cities: Experience from Hashtgerd”. 45th ISOCARP Congress.
32- Demouth,B.Etizen,S.and Garske,T. 2013.”Incorporation of Environmental Goals in Regulations in a Legally Binding Land-use Plan in Iran.Applying the Approaches of Resource-Efficient and Climate- Sensitive Urban Design on the Shahre Javan Community Pilot Area in Hashtgerd New Town”. Institut fuv Landschaftsarchitekyur und Umweltplanung. Department of landscape Planning and Development
33- Mohajeri,S. Vocks,M. 2011.”Resources Efficient Wastewater disposal systems for arid and semi-arid regions-case study Iran/ Hashtgerd”.
34- AEE,2008.”Institute for Sustainable Technologies, Sustainable Concepts Towards a Zero Outflow Municipality”. Contract N ME*/AIDCO/2001/0515/59768.Final Report SEKEM Pilot System.
35- Abdel-Shafy,H.and El-Khateeb,M. 2013.”Integration of septic tank and constructed wetland for the treatment of wastewater in Egypt”.Journal of Desalination and Water Treatment,Vol 51:16-18,3539-3546
36- MED WWR WG ,2007.Mediterranean Wastewater Reuse Report, Mediterranean Wastewater Reuse Working Group (MED WWR WG).
37- Alexandros I. Stefanakis.2020.” Constructed Wetlands for Sustainable Wastewater Treatment in Hot and Arid Climates: Opportunities, Challenges and Case Studies in the Middle East” journal of Water 2020, 12, 1665

38- Cascadia Green Building Council,2011.”Toward Net Zero Water:Best Management Practices for Decentralized Sourcing and Treatment”

39- UNICEF.2014.” Childrenin Egypt 2014:A Statistical Digest”.Chapter1 Demography.

40- USEPA (United States Environmental Protection Agency), 2005. “Handbook for Managing Onsite and Clustered (Decentralized) Wastewater Treatment Systems”, EPA/832-B-05-001. Office of Water, Washington, DC, 66 pp

41- Vymazal, J., 2005. Horizontal sub-surface flow and hybrid constructed wetlands systems for wastewater treatment. Ecol. Eng. 25, 478-490.