

## الأراضي 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

نرمين محمد سيد احمد مطر

قسم الهندسة المعمارية - بالاكاديمية الحديثة للهندسة والتكنولوجيا بالمعادي

Dr. Narmin Mohamed Sayed Ahmed matar

Lecturer, Department of Architectural Engineering, Modern Academy of Engineering and Technology, Maadi

[eng\\_nermen2006@yahoo.com](mailto:eng_nermen2006@yahoo.com)

#### ملخص البحث:

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

إعتمد البحث بناء إطار نظري شامل من خلال إستعراض ودراسة الأدبيات ذات الصلة بموضوع مياه الصرف الصحي 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 للمياه العادمة والتي يجب أن تكون "فعالة إقتصادياً ومستدامة بيئياً ومقبولة إجتماعياً". ودراسة نظم الأراضي الرطبة المبنية (CWs) كنظام معالجة طبيعية لامركزية لمعالجة المياه العادمة إلى جانب توفير مزايا بيئية وإجتماعية وإقتصادية. ومن ثم تحليل مجموعة من التجارب لمعرفة مدى فاعلية استخدام الأراضي الرطبة المبنية (CWs) من خلال تقييم التأثير البيئي، والفاعلية الإقتصادية، ومدى القبول المجتمعي، 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 الإمكانيات 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.

#### كلمات الفهرسة :

المياه العادمة، النظم المركزية، النظم اللامركزية، الحلول القائمة على الطبيعة، الأراضي الرطبة المبنية.

#### Abstract:

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.

### Keywords:

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

### ١- مقدمة :

أصبحت قضية ندرة المياه 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 ضغوطاً إضافية على إدارة موارد المياه وخاصة في المناطق الحضرية. وبالتالي يجب أن تبحث المجتمعات عن موارد مائية جديدة، في هذا السياق، يمكن لمياه الصرف الصحي (المياه العادمة) إذا تمت معالجتها بشكل صحيح، أن تمثل مصدراً جديداً للمياه. إلا إنه لا تزال عملية المعالجة المركزية (التقليدية) تمثل مشكلة بشكل عام لوجود العديد من الحواجز الاقتصادية والاجتماعية والبيئية، والتقنية، والمؤسسية، والقانونية و..... وبالتالي يمكن أن تكون الحلول اللامركزية وخاصة الحلول القائمة على الطبيعة بديلاً جذاباً لمعالجة مياه الصرف الصحي (المياه العادمة) في البلدان النامية ولا سيما في المناطق الريفية والشبه حضرية، نظراً لكونها حلول فعالة ومستدامة إقتصادياً وبيئياً واجتماعياً. في هذا الإطار، يتجه البحث لدراسة نظام الأراضي الرطبة المبنية (CWs) باعتبارها أحد أهم الحلول اللامركزية القائمة على الطبيعة (NBS) لمعالجة مياه الصرف الصحي (المياه العادمة) وتلبية الطلب المتزايد على المياه.

وفي هذا الإطار، تناقش هذه الدراسة الأدبيات النظرية لمفهوم أنظمة معالجة مياه الصرف الصحي (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 للمياه العادمة والتي يجب أن تكون "فعالة إقتصادياً ومستدامة بيئياً ومقبولة إجتماعياً". ومن ثم فقد اتجه البحث لدراسة الأراضي الرطبة المبنية (CWs) كطريقة معالجة طبيعية لامركزية يمكن استخدامها لمعالجة المياه العادمة والحفاظ على الموارد المائية. وإلقاء الضوء على إمكانات استخدام الأراضي الرطبة المبنية من خلال تحليل بعض التجارب وتحديد مجالات القصور. للوصول لنهج لإعتماد نظام الأراضي الرطبة المبنية (CWs) كحل لامركزي فعال للإدارة المستدامة للمياه العادمة لمزيد من التطبيقات في المجتمعات الريفية والشبه حضرية في مصر.

### ١-١- المشكلة البحثية:

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

### ١-٢- هدف البحث:

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

### ٢ - أنظمة معالجة مياه الصرف الصحي:

تختلف مناهج معالجة مياه الصرف الصحي من الأنظمة المركزية التقليدية إلى الأنظمة اللامركزية أو العنقودية 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.

## ١-٢- النهج المركزي لمعالجة المياه العادمة:

تشير طرق المعالجة المركزية (التقليدية) إلى أنظمة إدارة مياه الصرف الصحي التي يتم تطبيقها على نطاق واسع. وخاصة في المراكز الحضرية، وعلى الرغم من استمرار استخدام 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: استثماراتها 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 وإكثاظها بالسكان. ومع قلة الموارد المائية، يتم استخدام 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 يؤدي إلى تلوث المياه الجوفية ومصادر المياه السطحية. ويؤثر بشكل مباشر على صحة الإنسان والنظم الطبيعية [4].

● **التحديات المالية:** لا تعتبر نظم المعالجة المركزية خيارًا للمناطق الريفية / النائية ذات المستوطنات الصغيرة والمتوسطة وخاصة في المدن النامية. حيث تتطلب هذه النظم استثمارات ضخمة؛ فنجد أن سعة المعالجة للمياه 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 الاستثمار المطلوب

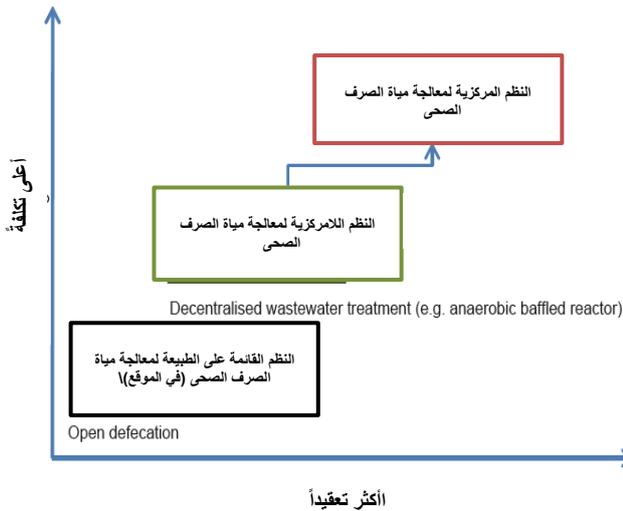
فقط، دون النظر في تكاليف الصيانة والتشغيل على المدى الطويل. وينتج عن ذلك مرافق ذات أداء ضعيف ومحتملة بأضرار متكررة.

● **التحديات التقنية:** إن قطاع المياه والصرف الصحي لا يزال يفتقر إلى القدرات والخبرات الفنية المحلية للتشغيل والصيانة بشكل صحيح. والذي 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 المعنيين من المجتمعات المحلية في عملية صنع القرار.

● **التحديات الاجتماعية:** لا تزال الجوانب الاجتماعية والموروثات والمفاهيم الدينية تسبب بعض المقاومة تجاه إعادة استخدام النفايات السائلة المعالجة. [6].

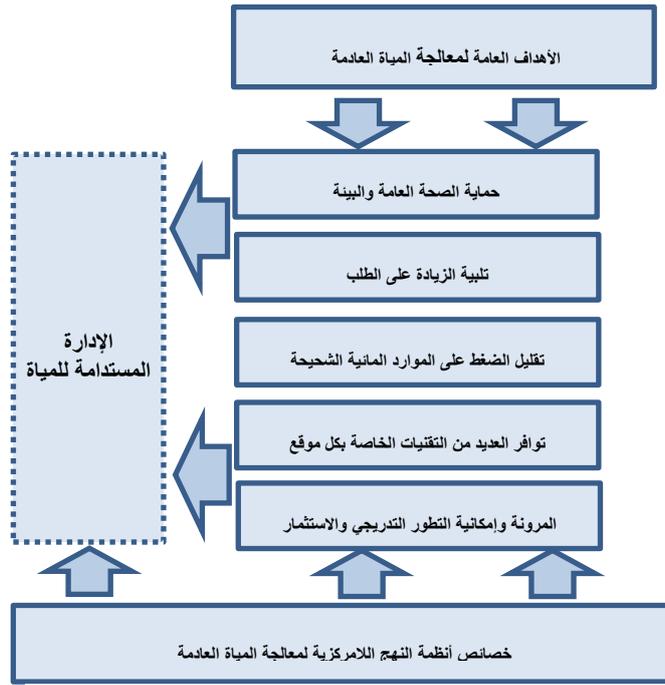


مما سبق نجد أن هناك الكثير من القيود المتنوعة والمتعددة في استخدام النظام المركزي التقليدي لإدارة مياه الصرف الصحي. في هذا السياق، يمكن أن تكون الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي خيارًا مثاليًا. كما هو موضح في الشكل (١). والذي تمت التوصية به في جميع أنحاء العالم مؤخرًا، كحل بديل وقابل للتطبيق في المدن 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 مياه الصرف الصحي كخيار مثالي نظرا لامكانية تقليل التكاليف على المدى الطويل وتقليل الأثر البيئية، المصدر: [USEPA,2005]

## ٢-٢- النهج اللامركزي لمعالجة المياه العادمة:

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



تحقق أنظمة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية الإدارة المستدامة للمياه. فهي لا تقلل من التأثيرات على البيئة والصحة العامة فحسب، بل تزيد أيضاً من إعادة الاستخدام النهائي لمياه الصرف الصحي اعتماداً على الخيارات التقنية والإعدادات المحلية. تعمل الأنظمة اللامركزية عند استخدامها 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. وبالتالي فإن الأنظمة اللامركزية هي الأكثر تفضيلاً بشكل خاص للمجتمعات الريفية والشبه حضرية. كما إنه يمكن تصميم الأنظمة اللامركزية لموقع معين طبقاً 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 للمياه [8]

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

### ٢-٣- معايير إختيار التقنية المناسبة لتحقيق الإدارة المستدامة للمياه العادمة :

في الوقت الحالي، أصبحت الإستدامة قضية أساسية لإدارة مياه الصرف الصحي ومعالجة المياه 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 مكلماً فقط من حيث توفير الخدمات ولكن أيضاً من حيث تكاليف التشغيل والصيانة. وفي ظل غياب المساعدة التقنية والتمويلية المطلوبة، لا يمكن تنفيذ الأنظمة المركزية. وبالتالي فإن إختيار أنسب تقنية ليست مهمة سهلة. ولكنها قد تقلل من المخاطر المستقبلية. ويتعلق الإختيار بمسألان رئيسيتان هما [10]

- **القدرة على تحمل التكاليف:** تتعلق القدرة على تحمل التكاليف بالظروف الاقتصادية للمجتمع.
  - **مدى الملاءمة:** 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:

- **الجانب البيئي:** يعد فهم البيئة المستقبلية أمراً بالغ الأهمية لإختيار التكنولوجيا ويجب تحقيقه من خلال إجراء عملية تقييم شاملة للموقع. حيث يحدد هذا التقييم القدرة الاستيعابية للبيئة المستقبلية. وبالتالي لكي 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 المجتمعي 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 قادراً 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 المياه العادمة :

يهدف تطبيق الحلول القائمة على الطبيعة (NBS) لمعالجة المياه العادمة إلى تطوير أنظمة هندسية تحاكي وتستفيد من النظم البيئية مع الحد الأدنى من الإعتدال على العناصر الميكانيكية [14] حيث تستخدم هذه الحلول النباتات والتربة والوسائط المسامية والبكتيريا والعناصر والعمليات الطبيعية الأخرى لإزالة الملوثات من مياه الصرف الصحي. كما إنه يمكن الجمع بين أنواع مختلفة من هذه الحلول لتحقيق كفاءة العلاج المطلوبة. يساهم استخدام الحلول اللامركزية القائمة على الطبيعة (NBS) لمعالجة المياه العادمة في توفير بيئات أكثر صحة من خلال تحسين جودة المياه وتعزيز البيئة الطبيعية والموائل المحيطة. كما تعزز الصحة الجسدية والعقلية، وتوفير الهواء

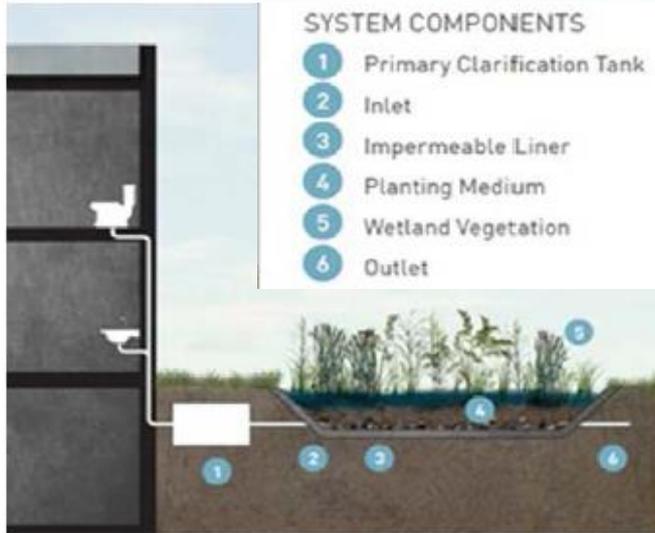
النظيف والمياه النظيفة، وتساعد في تحسين صحة الإنسان. علاوة على ذلك، يمكن أن توفر مناطق ذات جاذبية جمالية تساعد على تقوية الروابط المجتمعية، وخلق فرص للترفيه أفضل، وزيادة السياحة والتنمية الاقتصادية. كما يمكن أن يساعد الاستثمار في الحلول القائمة على الطبيعة (NBS) على خفض تكاليف التشغيل، والوصول إلى مصادر دخل جديدة، وزيادة مشاركة العملاء، وتوفير السلع والخدمات البيئية. حيث غالبًا ما تكون تكاليف التشغيل والصيانة، بالإضافة إلى الاستثمارات الأولية، أقل من الأنظمة المركزية التقليدية، اعتمادًا على تكاليف الأرض والتقنيات المستخدمة وتوافر الموارد [15].

### ١-٣- الأراضي الرطبة المبنية نظام لامركزي قائم على الطبيعة لإدارة المياه 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 استخدام الأراضي الرطبة المبنية للمستوطنات الصغيرة والمتوسطة الحجم يتزايد بشكل حاد في دول البحر الأبيض المتوسط والبلدان الإستوائية بسبب الظروف المناخية المواتية حيث تعتبر بديلاً جذاباً 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، فهي سهلة التشغيل والصيانة وفعالة من حيث التكلفة وإستهلاك الطاقة. كما تعمل كمنزلة تعليمي وترفيهي، فهي تعمل على تحسين جودة المياه وتعزيز البيئة الطبيعية وموائل الحياة البرية. وقد تم استخدامها 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 الأراضي 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 والتصرف من خلال هياكل المدخل والمخرج التي



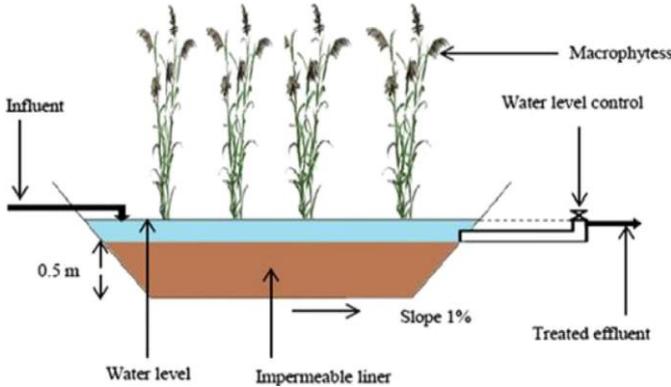
تتحكم في مستوى المياه داخل خلية المعالجة. ويوضح الشكل (٤) مكونات نظام الأراضي الرطبة المبنية (CWS)، حيث يتم جمع المياه الرمادية من المنازل إلى نظام معالجة أولي (خزان للصرف الصحي) ثم يتم نقلها بعد ذلك إلى الأراضي الرطبة المبنية (CWS) عبر المدخل للمرور عبر وسيط المرشح، مما يسمح باستقرار المواد الصلبة والتلامس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

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

المصدر: [Cascadia Green Building Council, 20011]

وهناك نوعان من الأراضي الرطبة المبنية:

- الأراضي الرطبة ذات التدفق الحر للمياه السطحية (FWS): يحاكي هذا النظام مظهر ووظيفة الأراضي الرطبة الطبيعية. حيث

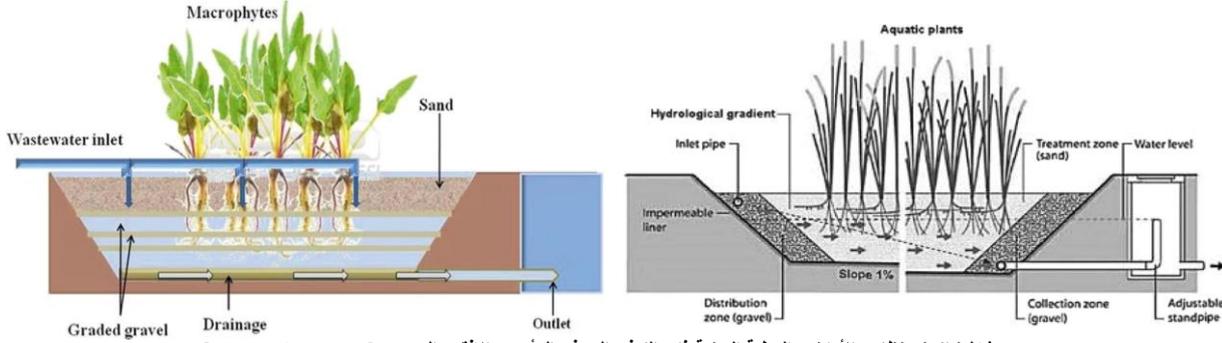


شكل (٤): نظام الأراضي الرطبة المبنية ذات التدفق الحر للمياه السطحية

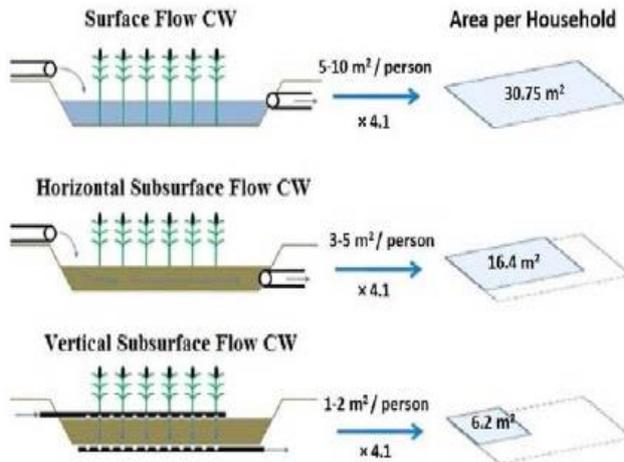
المصدر: [Abou-Elela, S.I., et al., 2019]

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 تعظيم المفترسات اللافقارية الكبيرة في النظام) [19]. بالإضافة إلى مشكلة ارتفاع معدل النتج 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.

- الأراضي الرطبة ذات التدفق الجوفي (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 في القدرة العالية على نقل الأكسجين للنظام وبالتالي تحقيق نترجة أفضل، بالإضافة لصغر حجمها عن نظام المياه الحر وقلة المخاوف المرتبطة بالحشرات والروائح الكريهة بالإضافة لقلّة معدل النتج 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 (٥،٦): نظامى الأراضي الرطبة المبنية ذات التدفق الجوفى الرأسى والأفقى، المصدر: [Vymazal, J., 2005]



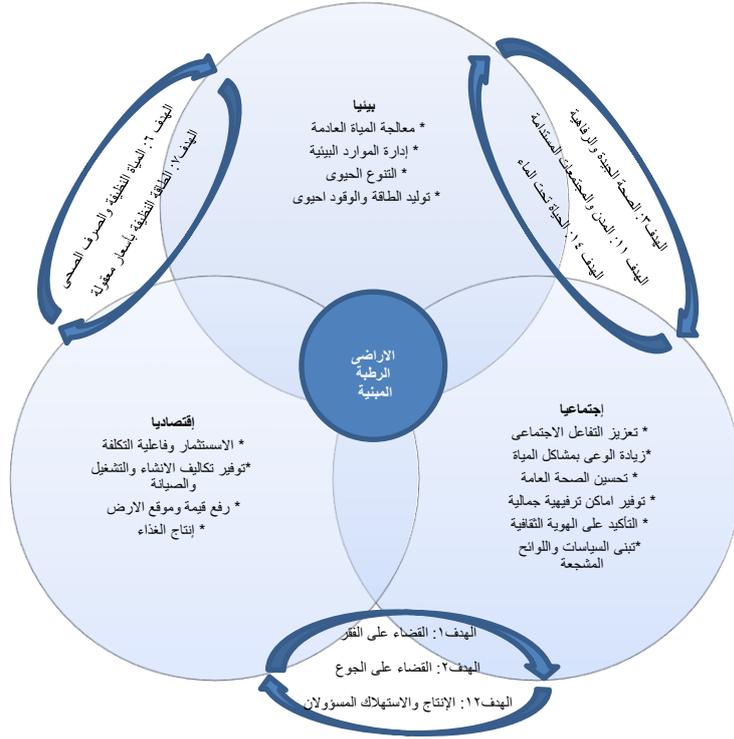
يلعب الغطاء النباتي في الأراضي الرطبة المبنية (CWS) دورًا مهمًا للغاية في تنقية مياه الصرف الصحي. حيث توفر جذورها مساحة كبيرة لنمو الميكروبات، مما يسمح بالتحلل وإمتصاص الملوثات من مياه الصرف الصحي. كما تعزز القيمة الجمالية، لأنها توفر موطنًا للحياة البرية ومنطقة خضراء إضافية. [22]

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- الأراضي الرطبة المبنية كحل مستدام لإدارة المياه العادمة:

- ينظر للأراضي الرطبة المبنية (CWS) على أنها حلول مبتكرة لإدارة المخاطر المتعلقة بالمياه، والمساهمة في تحقيق خطة التنمية المستدامة ٢٠٣٠ لأنها توفر العديد من الفوائد بما في ذلك:
- **الفوائد البيئية:** تعمل الأراضي الرطبة المبنية (CWS) على تحسين جودة المياه، وتخزينها، وتحسين جودة الهواء، وتوفير 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 استخدام المنتجات الكيماوية. [23]
- **الفوائد الاجتماعية:** يؤدي التكامل بين تصميم المباني والمناظر الطبيعية التي توفرها نظام الاراضى الرطبة المبنية (CWS) إلى تفاعل المجتمع مع قضايا معالجة مياه الصرف الصحي، وزيادة الوعي والتنظيف حول مشاكل المياه، وتوفير مساحات عامة كبيرة بتكلفة منخفضة، مما يجعلها تحظى بإيجابية من قبل عامة الناس والهيئات التنظيمية.



شكل (٨): الاراضي الرطبة المبنية (CWS) كحل مستدام لإدارة المياه العادمة يحقق العديد من اهداف التنمية المستدامة ، المصدر:الباحث

- **الفوائد الاقتصادية:** يعتبر نظام الأراضي الرطبة المبنية (CWS) نظام رخيص نسبياً من حيث تكلفة رأس المال والتشغيل والصيانة. ويرجع ذلك بشكل أساسي إلى التكوين البسيط وقلة استهلاك 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]

وبالتالي يمكن للأراضي الرطبة المبنية أن تحقق العديد من أهداف التنمية المستدامة بما في ذلك: الهدف ١ (القضاء على الفقر) ، الهدف ٢ (القضاء على الجوع) ، الهدف ٦ (المياه النظيفة والصرف الصحي) ، الهدف ١٢ (الإنتاج والاستهلاك المسؤولان) ، الهدف ١٣ (العمل المناخي) ، وأهدافها المحددة، يمكن أن تكون هناك أيضاً 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 الأراضي الرطبة المبنية لإدارة المياه العادمة:

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

#### • منهجية اختيار الحالات الدراسية :

- ١- تشترك في بعض الخصائص بحيث تتناسب مع دراسة الحالة المصرية.
- ٢- أظهرت الحالات الدراسية نتائج إيجابية في تطبيق الأراضي الرطبة المبنية (CWS) كحل فعال ومستدام لإدارة المياه 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:
- ارتفاع تكاليف التمويل والتشغيل والصيانة لمشاريع الصرف الصحي 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 الأراضي الرطبة المبنية:

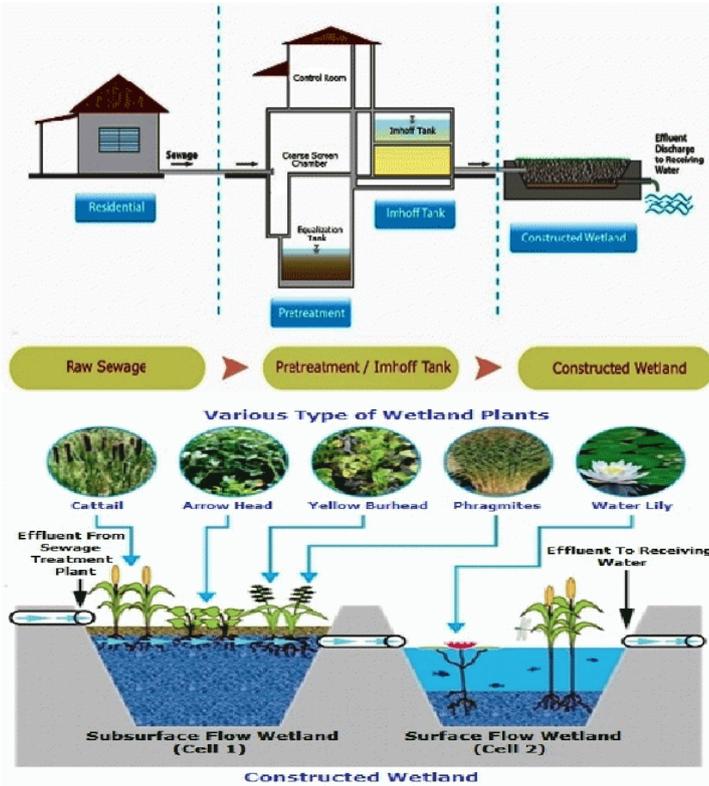
هناك مشروعان لأنظمة الأراضي الرطبة المبنية في مدينة (Kuching)، عاصمة ساراواك.

## • 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 سطحي (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 (٩,١٠): 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 Kuching، Hui Sing Garden، لمعالجة المياه الرمادية التي يتم تصريفها من تسعة منازل [28]. كعلاج ثانوي. وقد كشفت دراسات الحالة أن الأراضي الرطبة المبنية قد تم إقرارها حلاً قابلاً للتطبيق لمعالجة مياه الصرف الصحي الثانوية والثلاثية في ساراواك.

## ٤-١-٢- فاعلية تجربة الأراضي الرطبة المبنية للإدارة المستدامة للمياه العادمة في 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 الأثر البيئي للنظام):

أظهر فحص نظام الأراضي الرطبة المبنية (CWS) في كلا المشروعين (Taman Boulder Built، Hui Sing Garden) في (Kuching) 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 الحماة النشطة التقليدية نظراً لأنها تقنية تعتمد على الطبيعة والنباتات المحلية مع إستهلاك منخفض للطاقة والمواد الكيميائية [26].

## • إجتماعياً (مدى القبول والتصور العام والمتطلبات التشريعية):

أجرى مسحاً اجتماعياً لدراسة مواقف وسلوك المجتمع المحلي تجاه مشاريع الأراضي 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 إستعداداً قوياً لدعم مثل هذا النظام ليتم تنفيذه على نطاق أوسع. وقد أظهر هذا الإستطلاع أيضاً أن الإهتمام والوعي بتلوث المياه كان ضعيفاً بين السكان. بالإضافة إلى ذلك، تم التأكيد أيضاً 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 منخفضاً نسبياً. حيث أظهر المسح أن ٣٦٪ فقط من المستجيبين يعتبرون الأراضي الرطبة المبنية (CWS) حلاً عملياً لمعالجة مياه الأمطار ومياه الصرف الصحي في ساراواك، وأن ٢٣٪ فقط من المستجيبين كانوا على إستعداد لدفع تكاليف النظام. ويرجع ذلك أساساً 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 وفقاً للوائح الجودة البيئية (مياه الصرف الصحي) لعام ٢٠٠٩، إنه يتطلب لإنشاء نظام معالجة مياه الصرف الصحي إنذاراً من السلطة المختصة، حيث يجب تقديم الخطة والموصفات الخاصة بالنظام. بحيث يتضمن وصفاً 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. ونظراً 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 باستخدام نظام الأراضي الرطبة المبنية كبديل منخفض التكلفة وموفر للطاقة للتخلص من المياه العادمة ومياه الصرف الصحي فهو معالجة رخيصة نسبياً 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 الأراضي الرطبة المبنية تمثل دائماً تحدياً في ولاية ساراواك [26].

#### ٢-٤- تجربة شهر جافان، إيران:

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

شكل (١١): توزيع الأراضي الرطبة المبنية داخل النسيج الحضري الإيراني

المصدر: [Weber, et al; 2013]

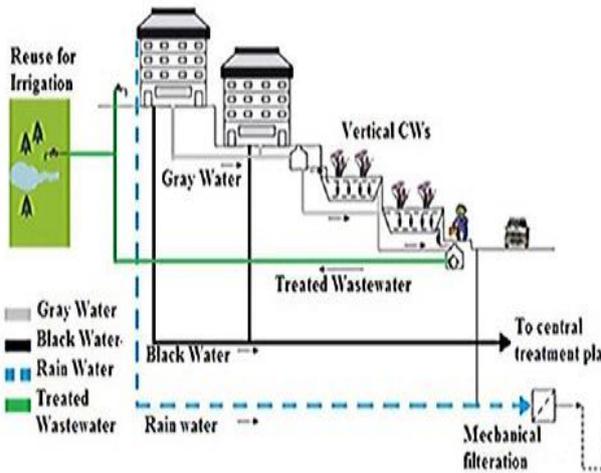


يواجه نظام معالجة الصرف الصحي في مجتمع شهر جافان تحديين رئيسيين.

- التحدي الأول: هو زيادة عدد السكان، حيث ارتفع عددهم من ٦٧ مليوناً في عام ٢٠٠٣ إلى ٨٠ مليوناً في عام ٢٠١١.
- التحدي الثاني: هو نقص المياه، حيث يتزايد الطلب على المياه. بالإضافة إلى تلوث الموارد المائية الحالية بسبب عدم كفاءة نظم معالجة مياه الصرف الصحي و تسريب مياه الصرف الصحي الملوثة

#### ١-٢-٤- أنظمة الأراضي الرطبة المبنية:

تم اختيار نظام الأراضي الرطبة المبنية ذات التدفق الجوفي 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): احترام نظام الأراضي الرطبة المبنية لطبوغرافيا الموقع في تجربة شهر جافان ونظام فصل المياه العادمة عن المياه الرمادية في المباني

المصدر: [Mohajeri, S. Vocks, M. 2011]

#### ٢-٢-٤- فاعلية تجربة الأراضي الرطبة المبنية للإدارة المستدامة للمياه العادمة في شهر جافان:

سمح النسيج الحضري للمدينة باتباع نهج لامركزي في معالجة المياه، حيث تم توظيف الأراضي الرطبة المبنية (CWS) كعنصر تصميمي ضمن النسيج الحضري. ومن ثم إتضح أثر ذلك:

#### • بيئياً (تقييم الأثر البيئي للنظام) :

سمح نظام المعالجة اللامركزية للمياه الرمادية بإعادة استخدام 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 المياه في الموقع وإلغاء الحاجة إلى خطوط نقل طويلة ومن ثم منع تسرب المياه الملوثة.

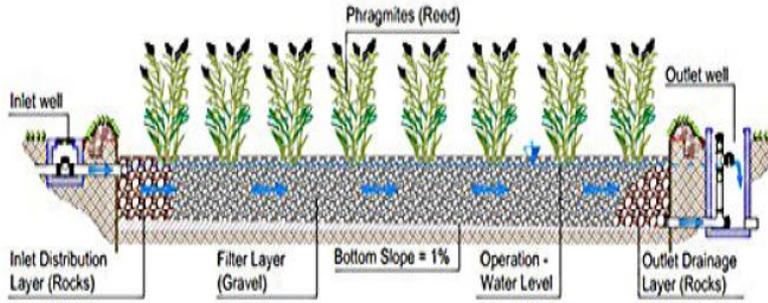
- اجتماعياً (مدى القبول والتصور العام والمتطلبات التشريعية):

أتاحت المساحات الموزعة للأراضي الرطبة المبنية (CWS) بتخلخل المساحات الخضراء والمساحات 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 الأراضي الرطبة المبنية (CWS) في مراحل التصميم المبكرة لتوفير تصميم متكامل بحيث تم إعتبارها عنصراً تصميمياً من عناصر المشروع.

- اقتصادياً (فاعلية التكلفة) :

سمح نظام الأراضي الرطبة المبنية (CWS) بإعادة استخدام ٧٠٪ من المياه في الري، وتوفير المساحات المائية الإصطناعية، وتنظيف الشوارع والسيارات ومنع تسرب 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 الأراضي الرطبة المبنية (CWS) تكاليف استثمارية حوالي ٥٠٪ أقل للفرد مقارنة بمحطة الحمأة النشطة التقليدية [33]

#### ٤-٣-٣- مزرعة سيكم ، مصر:



شكل(١٣): نظام الأراضي الرطبة المبنية في مشروع سيكم

المصدر: [AEE,2008]

يقع المشروع في منطقة بلبس 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...). ويعتبر الهدف الرئيسي هو دمج التجربة الأوروبية مع الممارسة المصرية لإدارة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدام المياه لري مزارع الأخشاب وكذلك حماية المياه الجوفية. [34]

#### ٤-٣-١- أنظمة الاراضي الرطبة المبنية:

تم استخدام نظام الأراضي الرطبة المبنية ذات التدفق الجوفي (SSF). بلغ إنتاج المياه العادمة في المنطقة المستهدفة ١٥ م<sup>٣</sup> / يوم. تمت إضافة تدفق إضافي بمقدار ٣ م<sup>٣</sup> / يوم ، مع الأخذ في الاعتبار الزيادة المستمرة في عدد السكان في السنوات القليلة الماضية. وبالتالي كان معدل التدفق الإجمالي للتصميم ٢٠ م<sup>٣</sup> / اليوم. يعمل نظام المعالجة بكامل طاقته ويعاد استخدام المياه المعالجة لري أشجار الأوكالبتوس التي تستخدم في صناعة علب التغليف. [35]

#### ٤-٣-٢- فاعلية تجربة الاراضي الرطبة المبنية للإدارة المستدامة للمياه 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 الأثر البيئي للنظام) :

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

- اجتماعياً (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 الأراضي لإنشاء الأراضي الرطبة المبنية ، يعتبر مثل هذا النظام نظاماً قوياً وفعالاً.

- اقتصادياً (فاعلية التكلفة) :

يوفر نظام الأراضي الرطبة المبنية (CWS) حوالي ١٥ م<sup>٣</sup> / 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 استخدام الأراضي الرطبة المبنية (CWS) كنهج لامركزي مستدام في كل من الأمثلة المدروسة. حيث يمكن تقييم مدى إستدامة الأراضي الرطبة المبنية كتقنية لمعالجة مياه الصرف الصحي المستخدمة في مجتمع معين لتحديد ما يناسبها اقتصادياً وبيئياً واجتماعياً.

معايير تحقيقها	التجارب المدروسة			معايير
	تجربة ساراواك	تجربة شهرجافان	تجربة سيكم	
معالجة المياه العادمة وإعادة استخدامها	•	•	•	بيئي
إدارة الموارد البيئية	•	•	•	
التنوع الحيوي	•	•	•	
توليد الطاقة والوقود الحيوي	-	-	-	
تعزيز التفاعل الاجتماعي	•	•	•	اجتماعي
زيادة الوعي بمشاكل المياه (التصور العام للمجتمع)	-	•	-	
تحسين الصحة العقلية والبدنية وصحة المجتمع	•	•	•	
توفير أماكن ترفيهيه وجمالية	•	•	•	
التأكيد على الهوية الثقافية	-	•	-	اقتصادي
تبنى السياسات الحكومية واللوائح المشجعة	-	•	-	
الاستثمار وفعالية التكلفة	•	•	-	
توفير تكاليف الإنشاء والتشغيل والصيانة	•	•	-	
رفع قيمة وموقع الأرض	•	•	-	
إنتاج الغذاء	-	-	-	

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

- **تجربة ساراواك:** إن الأراضي الرطبة المبنية (CWS) نظام لامركزي عملي وفعال لإدارة مياه الصرف الصحي خاصة في المناطق الريفية لكونها فعالة من حيث التكلفة والطاقة، فضلاً عن بساطتها في التشغيل والصيانة وذلك في حالة توافر الأراضي لإنشاءها وتنمية الوعي والمعرفة لدى المجتمع المحلي بقضايا تلوث المياه. بالإضافة إلى تبنى مجموعة من القوانين والسياسات والمبادئ التوجيهية للترويج لنظام الأراضي الرطبة المبنية لدى السلطات المحلية والمطورين والقطاع الخاص.
- **تجربة شهر جافان:** إن الأراضي الرطبة المبنية (CWS) تم إدراجها في مراحل مبكرة من عملية التصميم، فقد سمح النسيج الحضري للمدينة بإتباع نهج لامركزي في معالجة المياه، حيث تم توظيف الأراضي الرطبة المبنية كعنصر تصميمي ضمن النسيج الحضري. مما أتاح المزيد من الفوائد الاقتصادية والاجتماعية والبيئية، من حيث توفير مناطق ترفيهيه وخضراء تزيد من المناظر الطبيعية والقيمة الجمالية، وتحسن من الأداء البيئي. كما سمح دمج الأراضي الرطبة المبنية في الشكل الحضري بزيادة إدراك السكان لعملية معالجة الصرف الصحي، وزيادة الوعي البيئي والإهتمام بالحفاظ على المياه، وبالتالي تقليل الطلب على المياه.
- **تجربة سيكم:** تم إستخدام الأراضي الرطبة المبنية (CWS) بنجاح في مجتمع منخفض الكثافة، ويمكن تعزيز ورفع وعي مجتمع سيكم بأهمية الأراضي الرطبة المبنية وفعاليتها من خلال السماح لطلاب المدرسة القريبة بفحص نظام الأراضي الرطبة المبنية. وبالتالي يمكن تطبيق المشروع في المجتمعات الحضرية لتحقيق المزيد من الفوائد البيئية والاجتماعية والاقتصادية.

#### ٦- الفرص والتحديات لتطبيق نظام الأراضي الرطبة المبنية في مصر:

تعد ندرة المياه تحدياً كبيراً 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 أخذة في التناقص مما قد يؤدي إلى تهديد وشيك بندرة المياه في مصر، لذلك فنحن في 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 التي أصبحت مثار نقاشات عديدة في 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).

## تحليل القوى الداخلية والخارجية لتطبيق نظام الاراضى الرطبة لمعالجة المياه العادمة في مصر

\* تُعد مصر من أكثر دول العالم التي تُعاني من الشح المائي، وتعتمد بنسبة ٩٧ % على مياه نهر النيل، وتمثل الزيادة السكانية تحدياً رئيسياً للموارد المائية.

\* تراجع نصيب الفرد من المياه بمقدار ٧٠ % بين عامي ١٩٥٩ و ٢٠١٩.

\* تفضيل المرافق المركزية من قبل المخططين وصانعي القرار، وهي حلول عادة ما تكون كثيفة الاستخدام للطاقة ومكلفة في مراحل البناء والتشغيل والصيانة. مما يؤثر على استدامتها على المدى الطويل.

\*التغطية المحدودة للصرف الصحي في معظم القرى والمناطق الريفية والمناطق الشبه حضرية.

\*إستخدام الأراضي الرطبة المبنية على نطاق تجريبي وعدم تعميمها.

\*عدم وجود سياسات ملزمة لتضمين الاراضى الرطبة المبنيةفى سياسات إدارة المياه.

\* تغيير وظائف الأراضي الرطبة المبنية في المناطق الجافة والحارة. نتيجة زيادة فاقد المياه عن طريق التبخر (ET)، ونتح النباتات.مما يغير من توازن المياه وزيادة قيم الملوحة.

\* تعتبر إدارة الكتلة الحيوية للنباتات المنتجة مصدر قلق ، حيث تؤثر زيادة كثافة الكتلة الحيوية النباتية على الكفاءة الهيدروليكية للنظام ويهدد صحة النباتات وكفاءة المعالجة.

\* يساهم سطح المياه المفتوحة في الأراضي الرطبة المبنية في تكاثر البعوض وانبعاثات الروائح

\* بسبب الموروثات الثقافية والدينية الخصائص الثقافية والاجتماعية والمحلية يمكن أن تكون هناك مقاومة في إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة.

\* تعتبر الأراضي الرطبة المبنية كنظم معالجة لامركزية لمياه الصرف الصحي بديل مناسب للتجمعات الصغيرة والمتوسطة، ولا سيما في المناطق الريفية و شبه الحضرية.

\* تعتمد الأراضي الرطبة المبنية على المواد الطبيعية والعمليات الطبيعية التي تتم بوساطة التفاعلات بين مكونات النظام الرئيسية، أي وسائط الركيزة والنباتات ومياه الصرف والكائنات الحية الدقيقة التي تتطور بشكل طبيعي داخل النظام.

\* معظم المواد اللازمة للأراضي الرطبة المبنية يمكن الحصول عليها من مواد محلية متوفرة، وهو عامل مهم بشكل خاص لتقليل التكاليف.

\* تعتبر الأراضي الرطبة المبنية، حلاً فعالاً من حيث التكلفة مع انخفاض التكاليف الإجمالية، خاصة في مرحلة الصيانة والتشغيل. حيث انها لديها عملية تشغيل أبسط وأسهل، وتقريباً شبيه ذاتية، مع الحد الأدنى من احتياجات الصيانة وعادةً دون الحاجة إلى موظفين متخصصين دائمين في الموقع.

\* توفر الأراضي لا يمثل مشكلة رئيسية عند النظر في حل الأراضي الرطبة المبنية، مما يؤدي إلى زيادة التوازن في الطلب على المساحة المرتفعة للأراضي الرطبة المبنية مقارنة بالتقنيات التقليدية والمكثفة.

\* إن الظروف المناخية مناسبة بشكل خاص لتطوير حلول الأراضي الرطبة المبنية. حيث أن درجات الحرارة المرتفعة لها تأثير إيجابي على أداء الأراضي الرطبة المبنية.

\* يمكن للأراضي الرطبة المبنية أن تساهم بشكل كبير في إدارة الحماة والتعامل معها خاصة في المواقع النائية، والمساهمة في إنتاج الطاقة والوقود الحيوي

W

S

T

O

\* فرض الموقع الجغرافي لمصر كدولة مصب بحوض النيل أن تضع المياه على رأس أولوياتها، باعتبارها ليست مسألة تتعلق فقط بالإدارة الرشيدة والمستدامة لمورد طبيعي، ولكنها تمس الحق الأصيل لكل إنسان في الحصول على المياه.

\* تأثير سد النهضة على حصة مصر المائية من مياه نهر النيل وما يعقب ذلك من تهديدات ومخاطر.

\*يعد استخدام الاراضى الرطبة المبنية للموارد والمواد المتاحة محلياً أمراً بالغ الأهمية، نظراً لوجود العديد من المجتمعات النائية ، في هذا السياق، يتعدى الإمداد بالتقنيات المركزية التقليدية، خاصة عندما يتم استيراد معظم المكونات الخاصة بتلك التقنيات.

\*تتوافق القيمة المرتفعة لأنظمة الأراضي الرطبة المبنية مع الإصلاحات الاقتصادية الجارية في العديد من البلدان في المنطقة. حيث تقوم العديد من البلدان بالفعل بتشغيل برامج طويلة الأجل لبناء اقتصاد أكثر تنوعاً وقادر على الصمود في السنوات القادمة،

\* إن تقنية الأراضي الرطبة المبنية وما يرتبط بها من قيمة عالية داخل الدولة تتناسب تمامًا مع الرؤية التي تم تطويرها في معظم دول المنطقة نحو توفير المصادر المحلية للسلع والخدمات.

\*توافق نظام الاراضى الرطبة المبنية وما يصحبها من مزايا بيئية مع إستراتيجيات الدولة في الحفاظ على البيئة وتحديات تغير المناخ

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

## ٧- نهج لتعزيز نظام الأراضي الرطبة المبنية كحل لامركزي مستدام لإدارة المياه العادمة في مصر:

أظهرت الدراسة أن تطبيق الأراضي الرطبة المبنية (CWS) يعتبر حلاً واعداً للإدارة المستدامة للمياه العادمة في العديد من التجارب، وبالتالي من أجل معالجة القيود والاستفادة من جميع مزاياها وكذلك المساهمة في جهود تكرار الممارسات الجيدة للأراضي الرطبة المبنية في مصر، تمت التوصية بالإستراتيجيات التالية :

## أولاً: على المستوى البيئي:

• وضع دليل إرشادي قياسي لتصميم وبناء وتشغيل الاراضى الرطبة المبنية: يجب وضع مبادئ توجيهية أثناء مراحل التصميم والتشغيل والصيانة. فمن الضروري، مراعاة ذلك على كافة المستويات الآتية:

## ➤ على المستوى الحضري :

- إدراج الأراضي الرطبة المبنية في مراحل مبكرة من عملية التصميم للمجتمعات الجديدة، ودمج الاراضى الرطبة المبنية ضمن النسيج الحضري في المجتمعات الريفية والشبه حضرية القائمة، وتوظيفها كعنصر تصميمي ضمن النسيج الحضري.
- تنفيذ الأراضي الرطبة المبنية على مراحل بحيث تسمح بتلبية حاجة المجتمع الحالية مع الأخذ في الاعتبار الاحتياج المستقبلي، 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 المياه الرمادية الناتجة من (الاحواض،الغسالات،.....) عن المياه السوداء

الناتجة من (المراحيض، المياول،.....) بحيث يتم معالجة المياه الرمادية في الموقع وإعادة استخدامها للأغراض غير الصالحة للشرب، وإلغاء الحاجة إلى خطوط نقل طويلة لمنع تسرب المياه الملوثة.

#### ➤ على مستوى النظام :

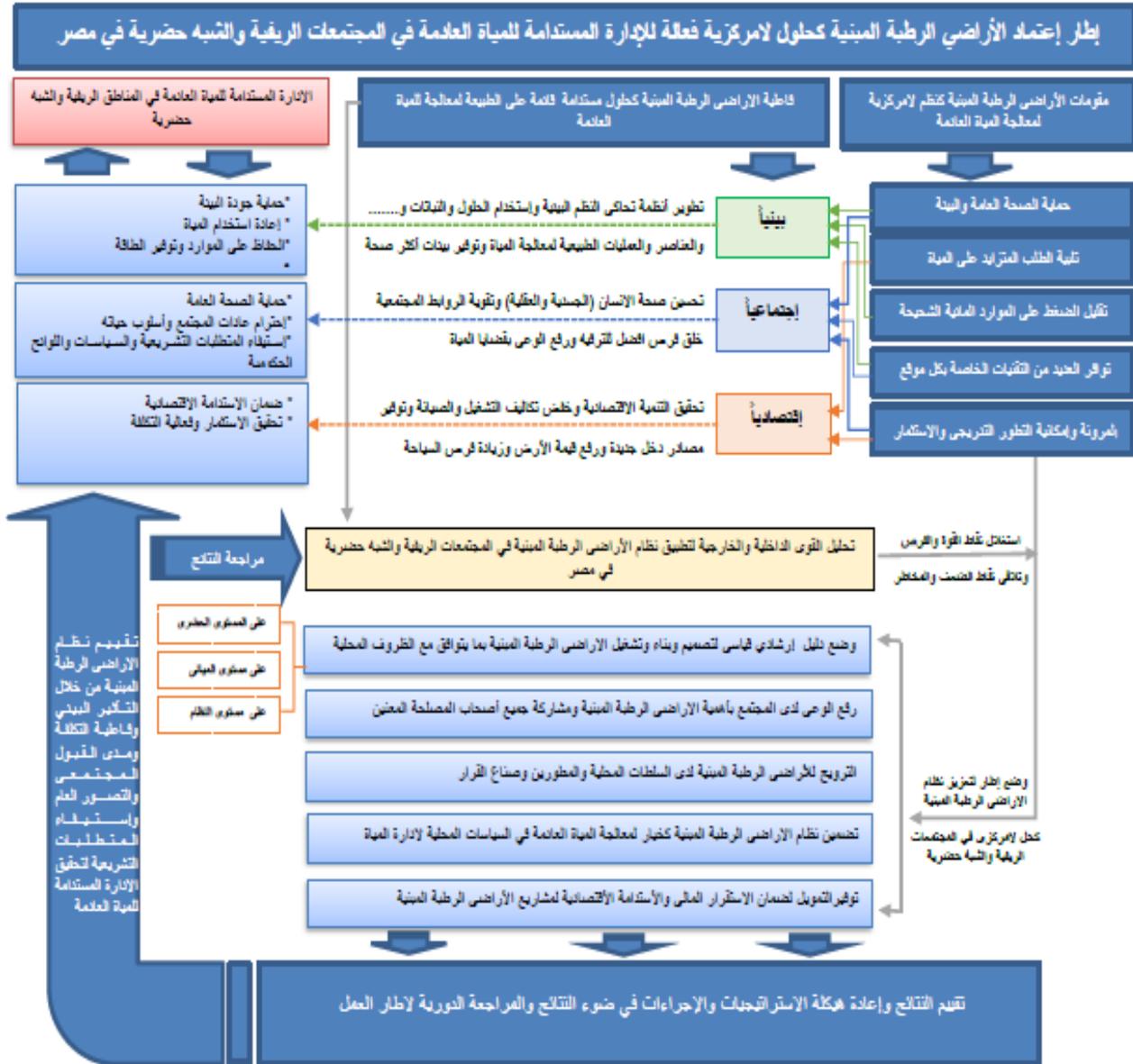
- يفضل استخدام أنظمة الاراضي الرطبة المبنية ذات التدفق الجوفى (SSF) وخاصة الرأسى منها (VSF) على الأراضي الرطبة المبنية ذات التدفق السطحي (FWS)، نظرًا لصغر مساحتها وارتفاع درجات الحرارة مما يزيد من معدلات التبخر.
- ينبغي إجراء دراسة مناسبة لأنواع النباتات المحلية المتاحة المستخدمة في الأراضي الرطبة المبنية لتحديد طلبها على المياه. حيث يجب مراعاة اختيار أنواع النباتات للحد من معدلات التبخر والنتح للحفاظ على توازن الماء في هذه الأنظمة.
- ينبغي إدارة الكتلة الحيوية للنباتات المنتجة. طبقاً 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 استخدام الكتلة الحيوية لإنتاج السماد والوقود الحيوي.

#### ثانياً: على المستوى الاجتماعي :

- رفع الوعي لدى المجتمع بأهمية الاراضي الرطبة المبنية : أن الوعي والمعرفة بقضايا ندرة المياه وأهمية 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 الاراضي الرطبة المبنية (CWS) لتحقيق الإدارة المستدامة للمياه العادمة. من خلال تعزيز قاعدة المعرفة بأهمية الاراضي الرطبة المبنية (CWS) كنظام لامركزي عملي وفعال لإدارة مياه الصرف الصحي خاصة في المناطق الريفية والشبه حضرية لكونها حلول فعالة إقتصادية ومستدامة بيئياً .
- الترويج للأراضي الرطبة المبنية لدى السلطات المحلية والمطورين وصناع القرار ومشاركة أصحاب المصلحة المعنيين: إن صياغة السياسات الفعالة لإدخال نظام الاراضي الرطبة المبنية (CWS) لإدارة المياه العادمة، والتنفيذ الناجح لهذه السياسات يتطلب:
  - الترويج لنظام الاراضي 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 الاراضي الرطبة المبنية كخيار لمعالجة المياه العادمة في سياسات إدارة المياه: لابد من تبنى استراتيجية موحدة ومتكاملة لإدارة مختلف مكونات الموارد المائية، بما في ذلك معالجة مياه الصرف الصحي ولا سيما معالجة المياه العادمة وتعزيز استخدام النظم اللامركزية وخاصة نظم الاراضي الرطبة المبنية (CWS) في المجتمعات الجديدة والمناطق الريفية والشبه حضرية القائمة .

#### ثالثاً: على المستوى الاقتصادي :

- توفير التمويل لضمان الاستقرار المالي والاستدامة لمشاريع الاراضي الرطبة المبنية: تتمثل إحدى القضايا الرئيسية في إنشاء مشاريع الاراضي 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 الضروري أن يأخذ في الاعتبار عند تصميم المجتمعات الجديدة استخدام الاراضي الرطبة المبنية في مراحل التصميم المبكرة لتقليل التكاليف. كما يجب أن يكون المجتمع قادرًا على تمويل النظام وتكاليف التشغيل والصيانة بما في ذلك التحسين الرأسمالي المطلوب في المستقبل والإصلاحات والإستبدالات طويلة الأجل.



شكل (١٥) إطار اعتماد نظام الأراضي الرطبة المبنية كحلول لامركزية فعالة لتحقيق الإدارة المستدامة للمياه العادمة في المجتمعات الريفية والشبه حضرية في مصر

المصدر: الباحث

#### ٧- النتائج: خلص البحث الى مجزعة من النتائج وهي :

- لا يمكن للمدن أن تكون مستدامة دون ضمان الوصول الموثوق إلى مياه الشرب الملائمة والمرافق الصحية الملائمة.
- تعتبر إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة مورداً مائياً جديداً لحل أزمة 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 مزيجاً من أنظمة الموقع أو الأنظمة العقودية مزيداً من الاهتمام. حيث يعتبر هذا النهج ليس فقط حلاً طويل الأمد للمجتمعات، ولكنه أكثر إستدامة ومرونة وفاعلية من حيث التكلفة واستهلاك الطاقة والتأثير البيئي.
- تعتبر التكنولوجيا الخضراء للأراضي الرطبة المبنية كحل لامركزي فعال ومستدام لمعالجة مياه الصرف الصحي حيث توفر بديلاً مجدياً للتغلب على هذه العقبات القائمة أمام النظم المركزية التقليدية.
- إن استخدام 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 الأراضي 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 الأراضي الرطبة المبنية والتي توضح ليس فقط الكفاءة التقنية لتلك التكنولوجيا، ولكن أيضاً الطابع المستدام لهذه التكنولوجيا التي يمكن تكيفها 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 ضغوطاً 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 مكثفة ذاتياً.

#### ٨- التوصيات:

- أصبح نظام الأراضي 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 للأراضي الرطبة المبنية في مصر، تمت التوصية بالاستراتيجيات التالية:
- وضع خطة استراتيجية وطويلة الأجل لإدارة المياه العادمة، والتأكيد على الالتزامات القوية والإدارة السياسية من كل من الحكومات المركزية والمحلية.
- يتطلب صياغة السياسات الفعالة لإدخال نظام الأراضي الرطبة المبنية لإدارة المياه 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 الأراضي 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 المياه المعالجة.
- استخدام آليات وأدوات اقتصادية مبررة وفعالة للإدارة المالية وإجراء تقييمات شاملة لدورة الحياة لتحديد فعالية التكلفة للأراضي الرطبة المبنية لضمان الاستقرار المالي واستدامة المشروع.
- اعتماد المجتمعات الجديدة في مصر من صغيرة إلى متوسطة الحجم على أنظمة الأراضي 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 الأراضي الرطبة المبنية ضمن النسيج الحضري في المجتمعات الريفية والشبه حضرية القائمة، وتوظيفها كعنصر تصميمي ضمن النسيج الحضري.
- 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 الأراضي الرطبة المبنية لتحقيق الإدارة المستدامة للمياه العادمة. من خلال تعزيز قاعدة المعرفة بالمشكلات البيئية للمياه وقضايا ندرة المياه المتزايدة ومزايا إعادة استخدامها.
- يجب مراقبة نظام الأراضي الرطبة المبنية بانتظام، وإشراك أعضاء المجتمع في المراقبة التي تؤدي إلى نجاح طويل المدى للنظام.
- يوصى باستخدام الأراضي الرطبة المبنية في مناطق التنمية الجديدة ومشروع تنمية الريف المصري من خلال المبادرة الرئيسية "حياة كريمة" لتقليل الحاجة إلى محطات معالجة المياه المركزية، نظراً لاستهلاكها العالي للطاقة وتأثيراتها البيئية.
- أخيراً، يوصي البحث بإجراء مزيد من البحث في مجال المستويات الحضرية والبيئية والاقتصادية للأراضي الرطبة المبنية.

- 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 Environment and Earth Science. Vol 5. pp 95-97*.
- 23- UNEP. 2004. "Constructed Wetlands: How to Combine Sewage Treatment With Phytotechnology". *Management:Land-water Interaction*.
- 24- Nelson, M. 2014." Wastewater Garden Information Sheet. IS20120105". Available at [www.wastewatergardens.com/pdf/WWG\\_AboutConstructedWetlands.pdf](http://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.Tahrn-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 Landschaftsarchitektyur 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.