جامعــة بنهــا

كليــة الهندســة بشبـرا

قســم الهندســة المعمــارية

الأراضي الرطبة المشيدة كأداة للمساهمة في تحقيق الاستدامة في المدن المصرية

Constructed wetlands as a tool to contribute in achieving sustainability in the Egyptian cities

رسالة مقدمة إلى كلية الهندسة بشبرا – جامعة بنها كجزء من متطلبات الحصول على

درجة الماجستير في الهندسة المعمارية

إعداد

م / أمنية أحمد محمد العسال

تحت إشراف /

أ.د / صادق أحمد صادق

أستاذ التصميم الحضري والمعماري بقسم العمارة، كلية الهندسة بشبرا، جامعة بنها

أ.م. د / أحمد أسامة هارون

أستاذ مساعد بمعهد القاهرة العالي للهندسة وعلوم الحاسب والإدارة

كلية الهندسة بشبرا – جامعة بنها

القاهرة – جمهورية مصر العربية

٢٠٢٣ م

جامعـــــة بنهـــــا
كليـــــة الهندســـــة بشبـــرا
قســـــم الهندســـة المعمـــــارية

القبول النهائي للرسالة

"الأراضي الرطبة المشيدة كأداة للمساهمة في تحقيق الاستدامة في المدن المصرية"

مقدمة من

م / أمنية أحمد محمد العسال

رسالة مقدمة إلى كلية الهندسة جامعة بنها كجزء من متطلبات الحصول علي
درجة الماجستير في الهندسة المعمارية
(تخصص التصميم المعماري)

لجنة الحكم والمناقشة — التوقيع

أ.د/ عمر محمد الحسيني (ممتحناً خارجياً)

أستاذ بقسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة عين شمس

.....

أ.د/ صادق أحمد صادق (مشرفاً رئيسياً ومقرراً)

أستاذ التصميم الحضري والمعماري بقسم العمارة، كلية الهندسة بشبرا، جامعة بنها.

.....

أ.د/ خالد علي عبد الهادي (ممتحناً داخلياً)

أستاذ بقسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة بشبرا، جامعة بنها.

.....

أ.م. د/ أحمد أسامة هارون (مشرفاً)

أستاذ مساعد بمعهد القاهرة العالي للهندسة وعلوم الحاسب والإدارة.

.....

كلية الهندسة - جامعة بنها
القاهرة - جمهورية مصر العربية
٢٠٢٣

إقرار

يقر الباحث بالتزامه بالأمانة العلمية وعدم النقل أو الاستنساخ من الأبحاث والرسائل التي تناولت هذا الموضوع وأن الاقتباسات المسموح بها علمياً والواردة في هذه الرسالة موضحة المصادر في مواضعها.

كما يقر بأنه لم يقدم هذه الرسالة لنيل أي درجة علمية في أي جهة أخرى.

م/ أمنية أحمد محمد العسال

التعريف بالباحث

اسم الباحث: أمنية أحمد محمد العسال.

تاريخ الميلاد: ١٩٩٢/٨/١٢م.

تاريخ تسجيل النقطة البحثية: ٢٠٢٠م

المؤهل الدراسي: بكالوريوس الهندسة المعمارية من المعهد العالي للهندسة بالشروق (أكاديمية الشروق).

سنة التخرج: ٢٠١٤ م.

التقدير العام: جيد جداً مع مرتبة الشرف.

عنوان الرسالة: الأراضي الرطبة المشيدة كأداة للمساهمة في تحقيق الاستدامة في المدن المصرية.

شكر وتقدير

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

﴿قُلْ بِفَضْلِ ٱللَّهِ وَبِرَحْمَتِهِۦ فَبِذَٰلِكَ فليفرحوا هُوَ خَيْرٌ مِّمَّا يَجْمَعُونَ﴾ [يونس: ٥٨]

فالحمد لله الذي له الشكر الحسن والثناء الجميل على توفيقي لإتمام هذه الرسالة، فما كان من توفيق فمن الله وحده، وما كان من خطأ أو نسيان فمن نفسي ومن الشيطان.

أتوجه بكامل الشكر والعرفان إلى المشرف الرئيسي على الرسالة، الأستاذ الدكتور/ **صادق أحمد صادق سعد** على دعمه المستمر ووقته الثمين وتوجيهاته القيمة لإتمام هذه الرسالة.

كما أشكر أستاذي الدكتور/ **أحمد أسامة محمد هارون** على مساعدته ودعمه المستمر وتوجيهاته التي لا تقدر بثمن والنقد البناء الذي ساعد بشكل كبير في تطور أفكاري للارتقاء بالمستوى العلمي للرسالة.

وأتوجه بخالص الشكر والتقدير إلى الأستاذ المحكم الخارجي الأستاذ الدكتور/ **عمر محمد الحسيني** عميد كلية الهندسة جامعة عين شمس على التوجيهات القيمة التي أسعدتني وأثرت في إخراج الرسالة وصياغة الكلمات بشكلها النهائي.

كما أشكر المحكم الداخلي الأستاذ الدكتور/ **خالد علي عبد الهادي**، على توجيهاته القيمة، فله منى كل التقدير والاحترام والعرفان.

كما أتوجه بخالص الشكر والتقدير للأستاذ الدكتور/ **زينب فيصل عبد القادر** على دعمها لي في بداية اختياري للنقطة البحثية وامدادي بالكثير من المعلومات والمراجع الهامه المرتبطة بالموضوع، فلها منى كل التقدير والإحترام.

كما أتوجه بخالص الشكر والتقدير **لهيئة تمويل العلوم والتكنولوجيا والابتكار** على دعمها للمشروع البحثي "الاستخدام المتكامل للمناظر الطبيعية ومياه الصرف في حدائق الأراضي الرطبة المشيدة نحو تحقيق الاستدامة" ودعم الدراسة الخاصة بهذه الرسالة وإتاحة جميع المعلومات والبيانات الخاصة بالمشروع للباحثة ضمن فريق البحث، وتمويل البحث المنشور من الرسالة.

كما أريد أن أعبر عن حبي وامتناني لوالدي الغالي وأمي الغالية لإيمانهم الدائم بي والتشجيع غير المشروط، أطال الله عمرهما ورزقهما الصحة والعافية، وزوجي الغالي الدكتور/ محمد عبد الجواد، لمساعدته ومساندته المستمرة وتشجيعه الدائم لي، وإلى أولادي الأعزاء مالك وكندة وكارما, وإلى عائلتي الحبيبة لدعمهم طوال سنوات دراستي وعلى حبهم الذي لا ينتهي.

الملخص

يواجه النظام البيئي للمدن المصرية الكثير من التحديات التي قد تؤثر على الجوانب الحضرية والثقافية، والاجتماعية، والاقتصادية، والبيئية. هذه التحديات تؤثر باستمرار على الحياة في المدن المصرية، فالموارد المائية محدودة، بالإضافة إلى زيادة عدد السكان، ونقص المساحات الخضراء، وارتفاع معدل تلوث الهواء والماء خاصة في المناطق السكنية الحيوية.

مياه نهر النيل آخذة في التناقص مما قد يؤدي إلى تهديد وشيك بندرة المياه في مصر، لذلك فنحن في حاجة ماسّة لتعويض هذا النقص وذلك باستخدام حلول غير تقليدية لإعادة تدوير المياه بطرق مختلفة. من هنا كان على الدولة المصرية السعي للحفاظ على مواردها المائية من خلال دعم مشروعات الأراضي الرطبة المشيدة التي أصبحت مثار نقاشات عديدة في الأوساط الأكاديمية.

تعتبر الأراضي الرطبة المشيدة واحدة من أكثر النظم البيئية الطبيعية الملائمة لمعالجة المياه، فهي محاكاة اصطناعية للأراضي الرطبة الطبيعية وتحقق العديد من الفوائد مثل إدارة المياه، والسيطرة على مياه العواصف والفيضانات، وتحسين جودة المياه والهواء، وزيادة التنوع البيولوجي والموائل، بالإضافة الى أن تكلفتها منخفضة وسهلة التشغيل، وتمثل بديلاً عملياً لأنظمة المعالجة التقليدية. بما أن العديد من الدول لديها تجارب ناجحة ومتكاملة في هذا المجال.

وبهدف التعرف على أهمية ومعايير تصميم حدائق الأراضي الرطبة المشيدة لتطبيقها في مصر والوصول إلى أفضل نتائج من خلال تحديد أنسب مؤشرات تصميم لحدائق الأراضي الرطبة المشيدة في البيئة المصرية، سوف تناقش الرسالة الخبرات الدولية في إنشاء حدائق الأراضي الرطبة المشيدة. تم اقتراح مجموعة من المؤشرات المؤثرة لتكون ملائمة في تقييم حدائق الأراضي الرطبة المشيدة. يتم تقييم هذه المؤشرات من حيث ملاءمتها ومساهمتها في تحقيق الاستدامة حيث يتم تحليل مقارن لثلاث تجارب عالمية مع ظروف مناخية مختلفة باستخدام المؤشرات المقترحة. يُذكر أن هذه التقنية استخدمت في مصر كأداة لمعالجة المياه في مصرف بحر البقر لكنها لم تَتعدَ كونها نشاط خاص بالزراعة، فالاستفادة كانت محصورة في تنقية المياه واستخدامها للري والزراعة والاستزراع السمكي، لكن البحث هنا يسعى لاستخدام الأراضي الرطبة كحدائق متعددة الأنشطة.

في النهاية تم طرح حالة دراسية عن حديقة الأراضي الرطبة المشيدة بالعاشر من رمضان، وهي جاري تنفيذها وتعد أول حديقة للأراضي الرطبة في مصر وتقييم هذه الحالة طبقا للمؤشرات المقترحة.

جدول المحتويات

١	البنية التحتية بين الرمادية والخضراء	٦
١.١	البنية التحتية	٦
١.١.١	تعريف البنية التحتية	٦
٢.١.١	تصنيف البنية التحتية	١١
٣.١.١	فوائد البنية التحتية	١٢
٤.١.١	قطاعات شبكات البنية التحتية	١٢
٢.١	البنية التحتية في مصر	١٨
١.٢.١	المؤسسات المسؤولة عن البنية التحتية في مصر	١٨
٢.٢.١	مشاكل قطاعات البنية التحتية في مصر	١٨
٣.١	البنية التحتية الخضراء	١٩
١.٣.١	تعريف البنية التحتية الخضراء (Green Infrastructure)	١٩
٢.٣.١	أقسام البنية التحتية الخضراء	٢١
٣.٣.١	مبادئ البينة التحتية الخضراء	٢٤
٤.٣.١	فوائد البنية التحتية الخضراء	٢٥
٥.٣.١	تطبيقات البنية التحتية الخضراء	٢٩
٦.٣.١	التحول من البنية التحتية الرمادية للخضراء	٤٤
٤.١	الخلاصة	٤٥
٢	الاستدامة والحدائق المستدامة ومعايير قياسها	٤٦
١.٢	الاستدامة	٤٦
١.١.٢	مفاهيم الاستدامة	٤٦
٢.١.٢	أبعاد الاستدامة	٤٧
٣.١.٢	ركائز الاستدامة	٤٨
٢.٢	التنمية المستدامة	٤٨
١.٢.٢	أهداف التنمية المستدامة	٤٩
٢.٢.٢	مؤشرات التنمية المستدامة	٥١
٣.٢	المدن والحدائق المستدامة	٥٣
١.٣.٢	المدن المستدامة	٥٣
٢.٣.٢	الحدائق المستدامة	٥٤
٤.٢	مؤشرات الاستدامة المقترحة:	٥٨
٥.٢	الخلاصة:	٦٠

٣	حدائق الأراضي الرطبة المشيدة والتجارب العالمية	٦١
١.٣	الأراضي الرطبة	٦١
١.١.٣	تعريف الأراضي الرطبة	٦١
٢.١.٣	اتفاقية رامسار للأراضي الرطبة	٦٢
٣.١.٣	فوائد الأراضي الرطبة	٦٤
٤.١.٣	المخاطر التي تهدد الأراضي الرطبة	٦٧
٥.١.٣	الأراضي الرطبة الطبيعية في مصر	٦٨
٦.١.٣	المخاطر التي تهدد الأراضي الرطبة في مصر	٧٠
٢.٣	الأراضي الرطبة المشيدة	٧١
١.٢.٣	تعريف الأراضي الرطبة المشيدة	٧١
٢.٢.٣	فوئد الأراضي الرطبة المشيدة	٧٢
٣.٢.٣	تصنيف الأراضي الرطبة المشيدة	٧٤
٤.٢.٣	مكونات الأراضي الرطبة المشيدة	٧٧
٣.٣	حدائق الأراضي الرطبة المشيدة	٨٣
١.٣.٣	تصميم حدائق الأراضي الرطبة المشيدة	٨٣
٢.٣.٣	حدائق الأراضي الرطبة المشيدة لتحقيق الاستدامة	٨٤
٣.٣.٣	فوائد حدائق الأراضي الرطبة المشيدة	٨٥
٤.٣	مؤشرات تصميم حدائق الأراضي الرطبة المشيدة	٨٦
١.٤.٣	المؤشرات البيئية:	٨٦
٢.٤.٣	المؤشرات الاجتماعية	٨٦
٣.٤.٣	المؤشرات الاقتصادية	٨٦
٥.٣	الحالات الدراسية	٨٨
١.٥.٣	مشروع تطوير وادي حنيفة بالسعودية	٨٨
٢.٥.٣	حديقة ويليو للأراضي الرطبة (Weiliu Wetland Park)	١٠٥
٣.٥.٣	حديقة سيدني للأراضي الرطبة (Sydney Wetland Park)	١٢١
٦.٣	تحليل مقارن للحالات الدراسية	١٣٧
٧.٣	النتائج العامة	١٣٨
٨.٣	معايير تصميم حدائق الأراضي الرطبة المشيدة	١٣٩
١.٨.٣	جودة المياه	١٣٩
٢.٨.٣	جودة المكان	١٣٩
٣.٨.٣	تعزيز الموائل والتنوع البيولوجي	١٣٩

٤.٨.٣	مقاومة تغير المناخ	١٤٠
٤	دراسة الحالة المصرية	١٤١
١.٤	الحدائق في مصر	١٤١
١.١.٤	تصنيف الحدائق	١٤١
٢.١.٤	حدائق الأراضي الرطبة في مصر	١٤١
٢.٤	الحالة الدراسية: حديقة الأراضي الرطبة المشيدة بالعاشر من رمضان	١٥٦
١.٢.٤	مدينة العاشر من رمضان:	١٥٦
٢.٢.٤	حديقة الأراضي الرطبة المشيدة بالعاشر من رمضان:	١٥٧
٥	النتائج والتوصيات	١٧٧
١.٥	النتائج	١٧٧
١.١.٥	نتائج التجارب العالمية	١٧٧
٢.١.٥	نتائج التجارب المحلية	١٧٨
٣.١.٥	النتائج العامة:	١٨٢
٢.٥	التوصيات	١٨٢
١.٢.٥	على مستوى الدولة:	١٨٢
٢.٢.٥	على المستوى الإقليمي:	١٨٣
٣.٢.٥	على المستوى العمراني:	١٨٣
٤.٢.٥	على المستوى البيئي:	١٨٣
٥.٢.٥	على المستوى الاجتماعي:	١٨٤
٦.٢.٥	على المستوى الاقتصادي:	١٨٤
٧.٢.٥	على المستوى الأكاديمي والبحثي:	١٨٤
٨.٢.٥	على المستوى التشريعي والإداري:	١٨٤

قائمة الأشكال

شكل ١: منهجية البحث	٣
شكل ٢: هيكل الرسالة	٥
شكل ٣: مدي تداخل البنية التحتية في جمع المجالات	١٠
شكل ٤: أنواع البنية التحتية للمدن (الصلبة والمرنة)	١١
شكل ٥: ملخص فوائد البنية التحتية	١٢
شكل ٦: قطاعات البنية التحتية	١٣
شكل ٧: المصادر المختلفة للموارد المائية في مصر	١٥
شكل ٨: قنوات التصريف الرئيسية في دلتا النيل	١٧
شكل ٩: البنية التحتية الخضراء متنوعة المقاييس	٢١
شكل ١٠: فناء موقف سيارات مدينة بورتلاند (قبل وبعد حديقة المطر)	٢٣
شكل ١١: البنية التحتية الخضراء داخل المدينة	٢٤
شكل ١٢: الفوائد البيئية والاجتماعية والاقتصادية والصحية العامة للبنية التحتية الخضراء	٢٥
شكل ١٣: الاستثمار في البنية التحتية الخضراء أقل تكلفة من البنية التحتية الرمادية	٢٨
شكل ١٤: فوائد البنية التحتية الخضراء وتطبيقاتها (معدل من الباحث)	٢٩
شكل ١٥: الحدائق المطيرة	٣٠
شكل ١٦: مثال للحدائق المطيرة	٣١
شكل ١٧: مثال لصناديق النباتات في مدينة فيلادلفيا	٣١
شكل ١٨: مثال لسطح أخضر بمدرسة Sidwell Friendsفي واشنطن	٣٢
شكل ١٩: شكل طبقات الأرض في السطح الأخضر	٣٣
شكل ٢٠: مثال لحديقة سطح مكثفة	٣٤
شكل ٢١: مثال لحديقة سطح شبه مكثفة	٣٥
شكل ٢٢: صورة لإحدى حدائق السطح الممتدة	٣٥
شكل ٢٣: مثال لحديقة سطح مثمرة	٣٦
شكل ٢٤: شارع أخضر في مدينة سان فرانسيسكو	٣٧
شكل ٢٥: أمثلة للرصيف النفاذ مع شرح طريقة التنفيذ	٣٩
شكل ٢٦: طريقة عمل خنادق التصريف الحيوية	٤٠
شكل ٢٧: مثال توضيحي لخندق تصريف	٤١

شكل ٢٨: صورة لتصريف مياه الأمطار من الأسطح	٤١
شكل ٢٩: تخطيط لطريقة عمل برميل المطر	٤٢
شكل ٣٠: أمثلة لبرميل المطر	٤٢
شكل ٣١: الأراضي الرطبة المشيدة	٤٣
شكل ٣٢: تصوير قبل وبعد للطرق التي تؤدي بها البنية التحتية الخضراء	٤٤
شكل ٣٣: أبعاد الاستدامة	٤٧
شكل ٣٥: أهداف التنمية المستدامة	٥٠
شكل ٣٦: لوحة متابعة أهداف التنمية المستدامة	٥٢
شكل ٣٧: تطور المدن المستدامة	٥٣
شكل ٣٨: حديقة براينت	٥٧
شكل ٣٩: حديقة دانفر المستدامة	٥٨
شكل ٤٠: خريطة توضح موقع الأراضي الرطبة على مستوى العالم	٦٤
شكل ٤١: توضح الأهمية الإيكولوجية للأراضي الرطبة	٦٥
شكل ٤٢: صورة توضح موقع الأراضي الرطبة الطبيعية في مصر	٧٠
شكل ٤٣: تهديدات الأراضي الرطبة	٧١
شكل ٤٤: توضيح للفكرة الأساسية والطبقات الرئيسية للأراضي الرطبة المشيدة	٧٥
شكل ٤٥: نظام المعالجة للأراضي الرطبة	٧٦
شكل ٤٦: الفرق بين نوعي التدفق في الأراضي الرطبة المشيدة	٧٧
شكل ٤٧: أنواع النباتات للأراضي الرطبة المشيدة ذات التدفق السطحي الحر	٧٩
شكل ٤٨: النباتات في الأراضي الرطبة	٧٩
شكل ٤٩: أهمية حدائق الأراضي الرطبة المشيدة للمجتمعات المستدامة (معدل من الباحث)	٨٥
شكل ٥٠: موقع مشروع وداي حنيفة داخل مدينة الرياض	٨٩
شكل ٥١: مدى تدهور وادي حنيفة	٩٠
شكل ٥٢: انسجام الزوار مع طبيعة المكان	٩١
شكل ٥٣: المناطق الخمسة لوادي حنيفة	٩٢
شكل ٥٤: موقع محطة المعالجة الحيوية بوادي حنيفة	٩٤
شكل ٥٥: قسم المعالجة الحيوية والمدخل والمخارج	٩٥
شكل ٥٦: أداء المعالجة الحيوية في عام ٢٠٠٩	٩٦
شكل ٥٧: الخلايا في نظام المعالجة الحيوية	٩٧

شكل ٥٨: مسار المياه	٩٧
شكل ٥٩: استخدام الأحجار الطبيعة في التشكيل	٩٨
شكل ٦٠: تفاعل الجمهور مع المياه	٩٨
شكل ٦١: أماكن الجلوس والمقصورات العائلية	٩٩
شكل ٦٢: مسارات المشاة داخل الوادي	٩٩
شكل ٦٣: جمع النباتات وإعادة إيوائها في الصوبة لتكوين نباتات جديدة	١٠٠
شكل ٦٤: دراسة SWOT لمشروع وادي حنيفة	١٠١
شكل ٦٥: موقع مشروع حديقة ويليو بالصين	١٠٥
شكل ٦٦: تدهور موقع المشروع	١٠٦
شكل ٦٧: مناطق تقسيم الحديقة	١٠٧
شكل ٦٨: الموقع العام للمشروع	١٠٨
شكل ٦٩: الممر الرئيسي للحديقة	١٠٩
شكل ٧٠: الأ نشطة الترفيهية في الحديقة	١١٠
شكل ٧١: المسار المائي	١١١
شكل ٧٢: منطقة الأ ا رضي الرطبة المشيدة	١١٢
شكل ٧٣: الأ ا رضي الرطبة الطبيعية	١١٣
شكل ٧٤: السدود المائية	١١٤
شكل ٧٥: الألعاب المائية في حديقة ويليو	١١٤
شكل ٧٦: المسا ا رت داخل حديقة ويليو	١١٥
شكل ٧٧: التنوع البيولوجي في الحديقة	١١٦
شكل ٧٨: دراسة SWOT لمشروع حديقة ويليو	١١٧
شكل ٧٩: موقع المشروع	١٢١
شكل ٨٠: صورة جوية لحديقة سيدني	١٢٣
شكل ٨١: الموقع العام للمشروع	١٢٤
شكل ٨٢: الموقع العام وتوزيع الأنشطة عليه	١٢٥
شكل ٨٣: يوضح مسار المياه	١٢٦
شكل ٨٤: الأراضي الرطبة في حديقة سيدني	١٢٧
شكل ٨٥: نظام معالجة المياه في حديقة سيدني	١٢٨

شكل ٨٦: مراحل معالجة المياه	١٢٩
شكل ٨٧: الشلالات في حديقة سيدني	١٣٠
شكل ٨٨: الأحجار المتدرجة في الماء	١٣١
شكل ٨٩: المسارات والجسور حول الأراضي الرطبة	١٣١
شكل ٩٠: قطاعات المشروع	١٣٢
شكل ٩١: إظهار تدفقات المياه أمام الناس	١٣٣
شكل ٩٢: دراسةSWOT لمشروع سيدني	١٣٤
شكل ٩٣: موقع مشروع وادي الريان	١٤٢
شكل ٩٤: خريطة بحيرات وادي الريان توضح مواقع أخذ العينات	١٤٤
شكل ٩٥: مؤشر جودة مياه بحيرة الريان خلال عام ٢٠٢١/٢٠٢٠	١٤٦
شكل ٩٦: بحيرات وادي الريان	١٤٦
شكل ٩٧: موقع بحيرة المنزلة	١٥٠
شكل ٩٨: رسم تخطيطي للأراضي الرطبة المشيدة	١٥٢
شكل ٩٩: الموقع العام للمشروع	١٥٣
شكل ١٠٠: مخطط عام لمدينة العاشر من رمضان	١٥٦
شكل ١٠١: موقع المشروع	١٥٨
شكل ١٠٢: صورة توضح قطرات المياه عند سقوطها	١٥٩
شكل ١٠٣: مراحل المشروع	١٦٠
شكل ١٠٤: المنطقة الأولى لحديقة العاشر من رمضان	١٦٠
شكل ١٠٥: المنطقة الثانية للحديقة	١٦١
شكل ١٠٦: المنطقة الثالثة للحديقة	١٦٢
شكل ١٠٧: المنطقة الرابعة للحديقة	١٦٢
شكل ١٠٨: قطاعات المشروع	١٦٤
شكل ١٠٩: النباتات في الحديقة	١٦٥
شكل ١١٠: مسار المياه داخل المشروع وقطاعاته	١٦٦
شكل ١١١: عزل الممر المائي في الحديقة	١٦٧
شكل ١١٢: اختبار الواح العزل	١٦٧
شكل ١١٣: الأحجار في المسار المائي	١٦٨
شكل ١١٤: استخدام الزلط لتنقية المياه	١٦٨

شكل ١١٥: إعادة استخدام الردم في الحديقة	١٦٩
شكل ١١٦: المسارات في حديقة العاشر من رمضان	١٧١
شكل ١١٧: المناطق الترفيهية في الحديقة	١٧١
شكل ١١٨: الأداء المتوقع لحديقة العاشر من رمضان للأراضي الرطبة	١٧٢
شكل ١١٩: دراسة SWOT لمشروع العاشر من رمضان	١٧٣
شكل ١٢٠: دراسة SWOT عامة لتقنية حدائق الأراضي الرطبة المشيدة	١٧٦
شكل ١٢١: الأحجار في الحدائق	١٧٨
شكل ١٢٢: المسارات في حديقة ويليو وحديقة سيدني	١٧٨

قائمة الجداول

جدول ١: مؤشرات الاستدامة المقترحة (معدل من الباحث)	٥٩
جدول ٢: مؤشرات تصميم الأراضي الرطبة المشيدة	٧٨
جدول ٣: مؤشرات الاستدامة لمشروع وادي حنيفة (الجدول من صياغة الباحث)	١٠٣
جدول ٤: مؤشرات الاستدامة لحديقة ويليو (الجدول من صياغة الباحث)	١١٩
جدول ٥: مؤشرات الاستدامة لحديقة سيدنى (الجدول من صياغة الباحث)	١٣٥
جدول ٦: تحليل مقارن للحالات الدراسية (من صياغة الباحث)	١٣٧
جدول ٧: مؤشرات جودة مياه البحيرات طبقا لمؤشر اورجون	١٤٥
جدول ٨: مؤشرات الاستدامة لمشروع وادي الريان (الجدول من صياغة الباحث)	١٤٩
جدول ٩: مؤشرات الاستدامة لمشروع بحيرة المنزلة (الجدول من صياغة الباحث)	١٥٥
جدول ٩: مؤشرات الاستدامة لحديقة العاشر من رمضان (الجدول من صياغة الباحث)	١٧٤
جدول ١٠: تقييم المؤشرات العالمية والمحلية (الجدول من صياغة الباحث)	١٨١

المقدمة

تواجه مدن العالم ضغوطًا بيئية واقتصادية واجتماعية كبيرة تتفاقم بسبب الزيادة السريعة في عدد السكان، ومن هذه الضغوط ندرة المياه، ونقص المساحات الخضراء، وتغير المناخ، والتلوث، وتدهور البيئة بشكلٍ عام.

مع تنوع هذه المشاكل، تحتل قضية المياه مكانة كبيرة في اهتمامات دول العالم حيث يزداد الطلب على المياه بشكل مستمر، في حين أن معظم شبكات الإمداد بالمياه في المناطق الحضرية تواجه مشاكل عديدة تحتاج لحلها مثل ندرة المياه ذاتها أو التلوث الذي يؤثر على قدرتها في تلبية الحد الأدنى من احتياجات كل مواطن وتحسين نوعية الحياة. في عام ١٩٠٠ عاش ١٣٪ فقط من سكان العالم في المدن وقد ارتفعت هذه النسبة في عام ٢٠٠٥ إلى ٤٩٪، ومن المتوقع أن ترتفع هذه الإحصائية في عام ٢٠٣٠ إلى ٦٠٪. لذلك أصبح من الضروري توسيع شبكات إمدادات المياه التي تعتبر عبئاً مستمراً على موازنة الحكومة، لأنها تحتاج الى بناء بنية تحتية جديدة وقد لا تكفي في كثير من الحالات بسبب النمو السريع في بناء وتعمير المدن[١].

ومن الواضح أن هذا هو الحال في مصر أيضاً حيث يندر هطول الأمطار، وتتناقص حصتنا في مياه النيل، بينما لم تتغير الحصة التي تفرضها الحكومة على السحب من نهر النيل منذ عام ١٩٥٩, وقد تضاعف الطلب على المياه نتيجة للنمو السكاني والتوسع الزراعي وكذلك التنمية الصناعية.

ومن هنا أصبحت مياه النيل غير كافية بشكل متزايد للاحتياجات في مصر، وتتوقع الأمم المتحدة أن تعاني مصر من شح المياه بحلول عام ٢٠٢٥. وبافتراض استمرار نمو السكان ومراعاة مشاريع استصلاح الأراضي في الصحراء، فلا يمكن لمصر تلبية الطلب على الغذاء فقط من خلال الاعتماد على مياه النيل للري. لذلك فإن وضع خطط ورؤى مستقبلية للتنمية المستدامة وإعادة تدوير المياه في التجمعات العمرانية الجديدة في مصر بات أمراً مُلحّاً في ظل التحديات الحالية والمستقبلية المتعلقة بقضية ندرة الموارد المائية.

مع زيادة أهمية إعادة تدوير المياه بطرق مختلفة لتغطية الطلب على المياه، ظهرت تطبيقات البنية التحتية الخضراء –ومنها الأراضي الرطبة المشيدة– كحل بديل منخفض التكلفة وسهل التشغيل وبديل عملي لمعالجة مياه الصرف الصحي. تمثل الأراضي الرطبة المشيدة إحدى الطرق التي يمكن استخدامها للانتقال من البنية

[١] الدميري، الشيماء محمد عبد اللطيف (٢٠١٧). إعادة منهجية تخطيط البنية التحتية المستدامة للمدن المتوسطة في إطار العمارة الخضراء، المنصورة، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الهندسة جامعة المنصورة.

التحتية الرمادية إلى البنية التحتية الخضراء، وهي تقنية تحقق عائدًا اقتصاديًا وبيئياً واجتماعياً وعمرانيًا على المدى المتوسط والطويل.

استخدمت هذه التقنية في مصر كأداة لمعالجة المياه في مصرف بحر البقر لكنها لم تتعدَ كونها نشاطاً خاصاً بالزراعة، وكانت الاستفادة محصورة في تنقية المياه واستخدامها للري والزراعة والاستزراع السمكي، ولا يزال استخدام هذه التقنية في مصر محدودًا بشكل عام على الرغم من انتشارها في العديد من البلدان حول العالم وارتباطها بالكثير من النتائج الفعالة.

المشكلة البحثية

تعاني مصر من نقص في الموارد المائية، ومع ثبات حصة مصر المائية من مياه النيل والزيادة الضخمة في النمو السكاني فإن الدولة لا تستطيع تلبية حاجات المواطنين المائية، بالإضافة إلى زيادة معدلات التلوث ونقص المساحات الخضراء وهى من أبرز المشاكل البيئية والاقتصادية التي تواجهها المدن المصرية.

أهداف البحث

التعرف على أهمية ومعايير تصميم حدائق الأراضي الرطبة المشيدة لتطبيقها في مصر والوصول إلى أفضل نتائج من خلال تحديد أنسب مؤشرات تصميم لحدائق الأراضي الرطبة المشيدة في البيئة المصرية.

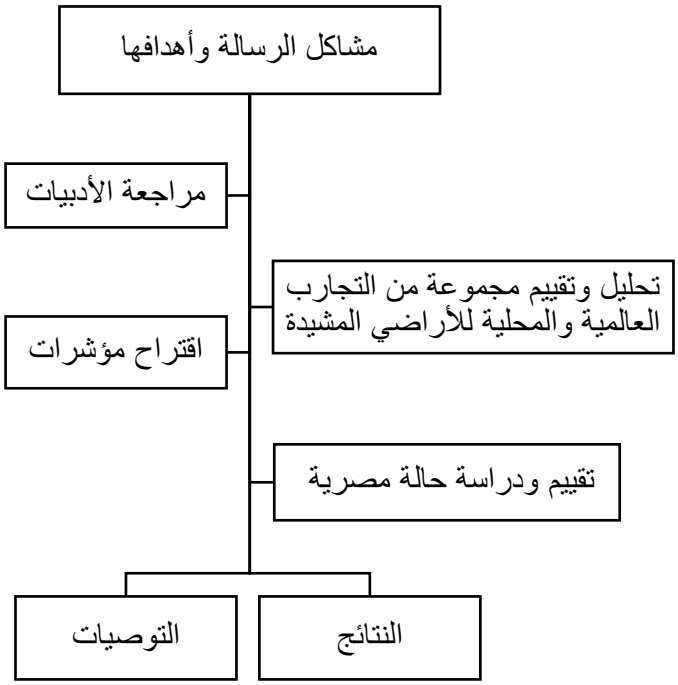
منهجية البحث

يبدأ البحث بدراسة ومراجعة الأدبيات الخاصة بالبنية التحتية الخضراء وأهم تطبيقاتها ومدى الاستفادة منها لحل المشكلة البحثية وتحقيق أهداف البحث. يستخدم البحث ثلاثة عناصر رئيسية في منهجيته هي:

المنهج الاستقرائي عن طريق جمع المعلومات والبيانات لمعرفة مفاهيم البنية التحتية الخضراء وتطبيقاتها وبخاصة الأراضي الرطبة المشيدة، ودراسة معايير تصميم حدائق الأراضي الرطبة المشيدة والنماذج العالمية والمحلية للوقوف على كيفية الاستفادة من هذه التقنية.

ثم استخدام **المنهج التحليلي** لتحليل المعلومات المستقاة من المراجع والأدبيات الخاصة بالبنية التحتية الخضراء وتحليل مجموعة من مشروعات حدائق الأراضي الرطبة المشيدة للوصول إلى مؤشرات تصميم حدائق الأراضي الرطبة المشيدة يُستعان بها في حديقة أراضي رطبة مشيدة في مصر جاري تنفيذها بمدينة العاشر من رمضان.

وأخيراً **المنهج المقارن** من خلال عرض بعض النماذج العالمية والمحلية والمقارنة بينهم بهدف التعرف على مزايا وعيوب النماذج المحلية وتطويرها والوصول إلى مؤشرات لتصميم حدائق الأراضي الرطبة المشيدة في مصر.



شكل ١: منهجية البحث

الهيكل التفصيلي

يقوم البحث على إطار نظري وآخر تطبيقي فيشمل دراسة البنية التحتية الخضراء والأراضي الرطبة المشيدة مع دراسة نماذج عالمية وتحديد مؤشرات تصميم هذه الحدائق في مصر، وتكون محتويات الرسالة كالآتي:

الفصل الأول: البنية التحتية بين الرمادية والخضراء

يتكون هذا البحث من ثلاث محاور أساسية:

- البنية التحتية الرمادية وقطاعاتها ومشاكلها في مصر.
- البنية التحتية الخضراء وفوائدها٣ وأهم تطبيقاتها.
- التحول من البنية التحتية الرمادية إلى البنية التحتية الخضراء.

الفصل الثاني: الاستدامة

ويتكون هذا الفصل من:

- مفاهيم الاستدامة وأبعادها وركائزها.

- التنمية المستدامة والمدن المستدامة ثم الوصول إلى الحدائق المستدامة.
- مؤشرات الاستدامة.

الفصل الثالث: حدائق الأراضي الرطبة المشيدة

ويتكون من:

- مفهوم الأراضي الرطبة الطبيعية واتفاقياتها وفوائدها وأماكن تواجدها في مصر والمخاطر التي تهددها.
- مفاهيم الأراضي الرطبة المشيدة وفوائدها واعتبارات تصميمها والنباتات المستخدمة بها.
- التجارب العالمية للأراضي الرطبة المشيدة.

الفصل الرابع: دراسة الحالة المصرية

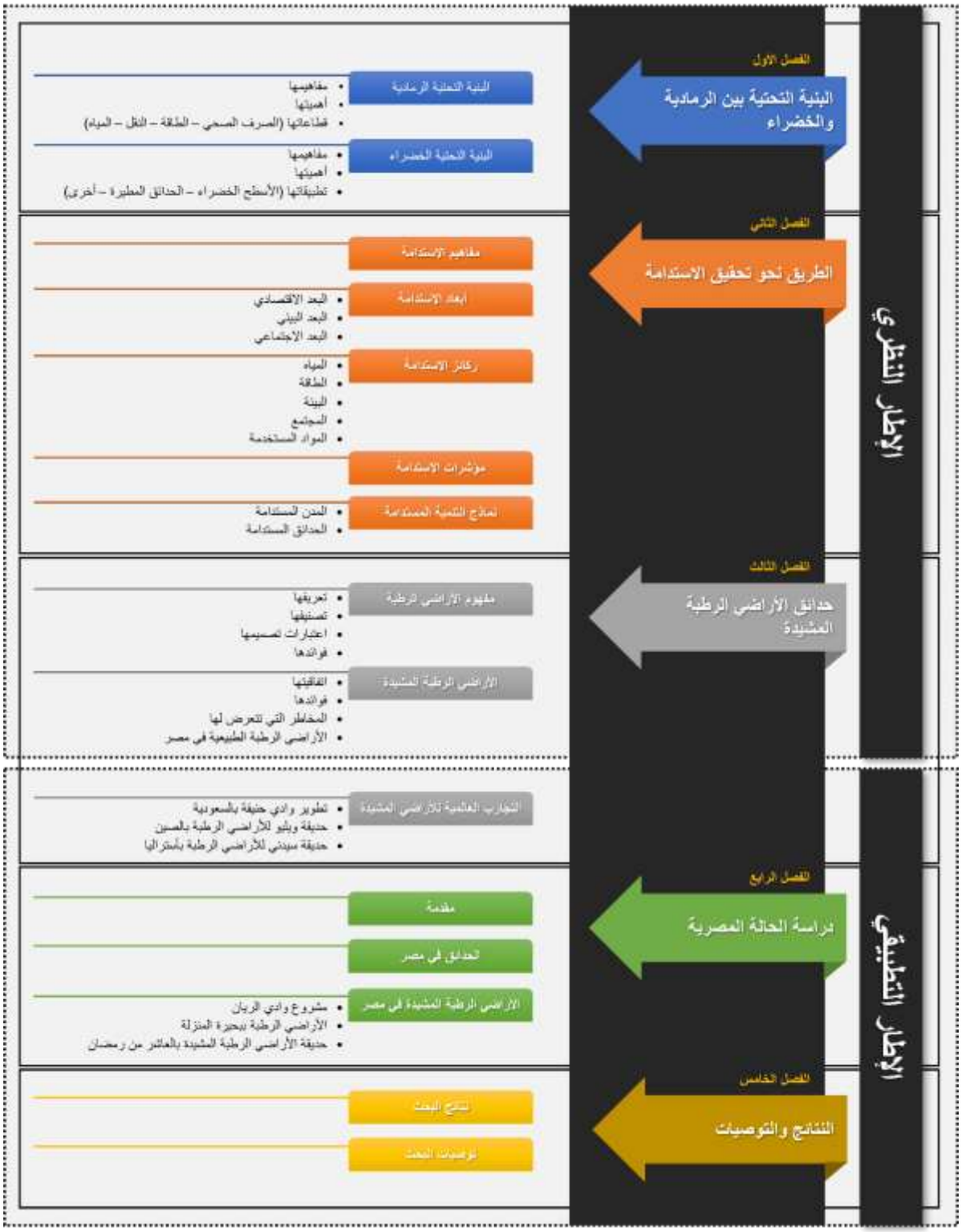
ويتكون هذا الفصل من:

- مقدمة عن الحدائق في مصر وتصنيفها.
- أمثلة للأراضي الرطبة المشيدة في مصر.
- دراسة الحالة المصرية وهي حديقة الأراضي الرطبة المشيدة بالعاشر من رمضان.

الفصل الخامس: النتائج والتوصيات

يتكون من:

- نتائج الدراسة النظرية ثم نتائج التجارب العالمية والمحلية ونتائج الحالة الدراسية.
- التوصيات.



شكل ٢: هيكل الرسالة

الفصل الأول

١ البنية التحتية بين الرمادية والخضراء

١.١ البنية التحتية

تلعب البنية التحتية دوراً أساسياً في تعزيز وتحسين نوعية حياة الإنسان، وهي عامل حيوي للتحول الاقتصادي، والاجتماعي، والثقافي للدول، والمجتمعات. تعتبر البنية التحتية كذلك عصباً رئيسياً في التنمية الحضرية بكل مستوياتها; حيث تؤثر في تطوير الكتلة العمرانية والارتقاء بها.

١.١.١ تعريف البنية التحتية

مرّ تعريف البنية التحتية بعدة جوانب من التطوير على مر الزمان، وأضافت هذه التعريفات المتعاقبة مفاهيم جديدة عن البنية التحتية شملت التطرق إلى ذكر أنظمة تكنولوجيا المعلومات وقنوات الاتصال وبرامج التنمية والشبكات الاجتماعية[٢]، بالشكل الذي جعل المفهوم المعاصر للبنية التحتية يتداخل في العديد من المجالات كما هو مبين في شكل ٣, وقد تطور المفهوم على ثلاث مراحل خلال العقود الماضية بالشكل الآتي:

- المرحلة الأولى: وهي مرحلة النشأة، وكانت في القرن التاسع عشر في فرنسا، حيث كان مفهوم البنية التحتية يعني فقط المنشآت العسكرية، وقد استمر هذا المفهوم حتى النصف الأول من القرن العشرين.
- المرحلة الثانية: وفيها تطور المفهوم خلال النصف الثاني من القرن العشرين ليشمل الأشغال العامة مثل الطرق والشوارع، الجسور، وسائل النقل، المطارات والخطوط الجوية، إمدادات المياه والموارد المائية، إدارة المياه، توليد الطاقة الكهربية، الاتصالات، معالجة النفايات الصلبة والتخلص منها, وإدارة النفايات الخطرة[٣].
- المرحلة الثالثة: بدأت مع نهاية القرن العشرين حيث توسع مفهوم البينة التحتية ليتضمن أي نظام تقني بيئي يستخدمه المجتمع لخدمة أغراضه، ويعني ذلك أن البنية التحتية تشمل كل ما يسمى بضروريات

[٢] الدليمي، خلف حسين على. (٢٠٠٩). تخطيط الخدمات المجتمعية والبنية التحتية (أسس – معايير– تقنيات). عمان، دار صفاء للنشر، الطبعة الثانية.

[٣] الدميري، الشيماء محمد عبد اللطيف. (٢٠١٧). إعادة منهجية تخطيط البنية التحتية المستدامة للمدن المتوسطة في إطار العمارة الخضراء. المنصورة، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الهندسة جامعة المنصورة.

الحياة مثل المنشآت والتجهيزات الأساسية التي يحتاجها المجتمع كوسائل المواصلات، الطرق، المطارات، سكك الحديد، وسائل الاتصالات كشبكات الهاتف والجوال والإنترنت والبرق والبريد، نظام الصرف الصحي وإمدادات المياه، وتضم كذلك كل ما يتعلق بالبنية التعليمية والترفيهية ونحوها[٤].

١.١.١.١ المفهوم اللغوي للبنية التحتية

كلمة بنية تعني في المعجم الوسيط[٥] "أنها كل ما يبنى"، وتُعرف البنية التحتية لُغوياً بأنها الهياكل التنظيمية اللازمة لتشغيل أي مشروع مثل المباني والطرق والتجهيزات الكهربائية، والصرف الصحي، والمياه، وغيرها.

كما عُرفت في قاموس أكسفورد[٦] بأنها الأنظمة أو الخدمات الأساسية اللازمة لتشغيل المجتمع أو الأعمال، مثل المباني، والنقل، وإمدادات المياه، والطاقة.

يُعرف هدسون[٧] البينة التحتية على أنها النظم المادية والمرافق التي توفر الخدمات العامة الأساسية مثل النقل، ومرافق المياه، والغاز، والكهرباء، والطاقة، والاتصالات، والتخلص من النفايات، والحدائق، والملاعب، والمباني الترفيهية، ومرافق السكة الحديدية.

عرف فيلمر جيفري[٨] البنية التحتية على أنها المرافق والخدمات والتجهيزات الأساسية اللازمة لعمل وحدة أي مجتمع.

٢.١.١.١ مفهوم البنية التحتية في الهندسة

يهتم البعد الهندسي في التعريف بإعداد مخططات وتصاميم خدمات البنية التحتية بأنواعها، إلا أنّ ذلك يكون من ناحية تخطيطية وتصميمية هندسية بحتة، حيث يعتمد المهندس على البيانات المتوفرة عن خدمات البنية التحتية ويقوم برسم مخططات وتصاميم تنسجم مع المتطلبات الاجتماعية والاقتصادية والطبيعية والعمرانية

---

[٤] بشندي، سعاد يوسف حسنين. (١٩٩٠). تأثير تكنولوجيا هندسة النقل والمواصلات على تشكيل المدينة. القاهرة، رسالة دكتوراه، غير منشورة، كلية الهندسة، جامعة القاهرة.

[5] Almaany. (2022). تعريف وشرح ومعنى بنية بالعربي في معاجم اللغة العربية معجم المعاني الجامع. Available at https://www.almaany.com/ar/dict/ar-ar/%D8%A8%D9%86%D9%8A%D8%A9/ (Accessed on May 7, 2022)

[6] Oxfordlearnersdictionaries. (2021). Infrastructure Definition, Oxford Advanced Learner's Dictionary. Available at https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/infrastructure?q=infrastructure (Accessed on Jan. 10, 2021)

[7] Hudson, W.R., Haas, R.C., & Uddin, W. (1997). Infrastructure Management: Integrating Design, Construction, Maintenance, Rehabilitation and Renovation. New York, McGraw-Hill. p.15.

[8] Fulmer, J. (2009). What in the world is infrastructure. PEI Infrastructure Investor, guest article, p.30. Available at: https://30kwe1si3or29z2y020bgbet-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2018/03/what-in-the-world-is-infrastructure.pdf (Accessed on May 20, 2022).

والتوجه المستقبلي للمكان المختار. وجدير بالذكر أن هناك تخصصات هندسية دقيقة في مجال خدمات البنية التحتية، كحالة المختص في تصميم شبكات المياه أو المختص في الكهرباء أو في تصميم الأبنية، وتعد التخصصات الهندسية في هذه الحالة جهات تنفيذية تتحمل مسئولية تنفيذ مشاريع الخدمات وفق ما خُطط له.

٣.١.١.١ مفهوم البنية التحتية في التخطيط

هو معرفة ما هو متاح من موارد واستخدامها بالشكل الأمثل لتحسين أوضاع البنية التحتية في المنطقة المعنية، فعند التخطيط للبنية التحتية لحي سكني مثلاً يجب أن يحتوي المخطط على الطرق الرئيسية والطرق الفرعية، شبكات المياه والصرف الصحي، شبكات الكهرباء والهاتف، دور العبادة، المدارس والملاعب العامة، مراكز الخدمات العامة، المحلات التجارية، الساحات العامة والمتنزهات والمساحات الخضراء، والمناطق السكنية[٩].

عند التخطيط للبنية التحتية توجد خريطة تسمى "خريطة الخدمات الأساسية" وهي إحدى الخرائط الإحصائية التي تضم توزيع كل هذه الخدمات جغرافياً، ويكون الهدف منها تمثيل وتوصيف البيانات المرتبطة بالبعد الجغرافي، فهي توفر الخرائط التفصيلية للخدمات الأساسية مثل[١٠]:

- خرائط التجمعات السكانية حسب أحجام السكان.
- خرائط مشاريع الكهرباء والمياه على مستوى التجمعات السكانية والتقسيمات الإدارية المختلفة.
- خرائط الطرق الموصلة إلى التجمعات بأنواعها المختلفة.
- خرائط المنشآت الخدمية الأخرى.
- وهذه الخرائط تعد إحدى الوسائل الفعالة لبيان نتائج التحليل المكاني للبنية التحتية من أجل تسهيل عملية نشر هذه المعلومات والتقسيمات بشكل يُمكّن من تداولها واستغلالها، كما تهدف إلى توفير البيانات المختلفة والمتباينة (اجتماعية / اقتصادية / بيئية ...) التي تلبي احتياجات المستخدمين.

---

[٩] التميمي، عبد الرحمن & الرابي، أيمن. (٢٠١٦). تخطيط خدمات البنية التحتية في الحكم المحلي. رام الله، مشروع دعم الدور القيادي للنساء داخل مجالس الهيئات المحلية، المبادرة الفلسطينية لتعميق الحوار العالمي والديمقراطية – مفتاح. فلسطين. متوفر في: http://www.miftah.org/Publications/Books/GuidebookInfrastructurePlanningLocalGovernment.pdf (تم الولوج في ١٥ مايو ٢٠٢١).

[١٠] الدليمي، خلف حسين على. (٢٠٠٩). تخطيط الخدمات المجتمعية والبنية التحتية (أسس – معايير– تقنيات). عمان، دار صفاء للنشر، الطبعة الثانية.

٤.١.١.١ مفهوم البنية التحتية في الهندسة المدنية

يرتكز مجال أنظمة البنية التحتية المدنية على مجالات الهندسة المدنية التقليدية ويستمد منها مبادئ عملها وتنفيذها، فبدلاً من التركيز على المكونات أو العناصر الهيكلية الفردية، تهتم أنظمة البنية التحتية المدنية بكيفية عمل الهياكل المختلفة معًا كنظام يخدم احتياجات المجتمع.

وهكذا يجب فهم الجوانب التقنية لهندسة البنية التحتية في السياق الاجتماعي والاقتصادي والسياسي والثقافي الذي توجد فيه، ويجب النظر فيه على مدى أفقي طويل لا يشمل فقط التصميم والبناء، ولكن يمتد ليشمل عمليات الصيانة والأداء في الكوارث الطبيعية وغيرها من أحداث الدمار العنيفة[١١].

وتشير البنية التحتية الحضرية الى أنظمة البنية التحتية التي تملكها وتشغلها البلديات عموماً مثل: الشوارع، محطات توزيع المياه، شبكات الصرف الصحي، وأيضا تشمل بعض المنشآت المرتبطة بهذه البلديات مثل المكتبات والحدائق وغيرها[١٢].

٥.١.١.١ البنية التحتية في الاقتصاد

تعرف البنية التحتية في المجال الاقتصادي على أنها كافة الخدمات والمرافق التي لها تأثير مباشر أو غير مباشر على الحياة الاقتصادية والتجارية مثل شبكات الطرق وحركة النقل والموانئ والمعابر والمطارات وشبكات المياه والصرف الصحي والكهرباء والاتصالات، بالإضافة إلى بنايات المدن الصناعية ومناطق التجارة الحرة، وخدمات الإنترنت والتجارة الإلكترونية. كما يتسع المفهوم ليشمل الاتفاقيات والتفاهمات الاقتصادية والتجارية وتشريع القوانين والأنظمة الإدارية والمالية والقانونية الخاصة بأنظمة البنية التحتية[١٣]. والنظر إلى البنية التحتية من هذه الزاوية الاقتصادية يسعى إلى تحفيز الإنتاج في نواحي الزراعة والصناعة والتجارة من خلال توليد

---

[11] University of Delaware. (2019). Civil Infrastructure | Civil and Environmental Engineering. Available at: https://www.ce.udel.edu/research/research-overview/civil-infrastructure (Accessed on June 6, 2020).

[١٢] علوان، كريم. وحسن، ندى. (٢٠١٧). دور البنية التحتية الحضرية في تنمية المدن. مجلة جامعة بابل، العلوم الهندسية، العدد (٦)، المجلد (٢٥)، ص. ٣١.

[١٣] نصر الله، عبد الفتاح. وأبو زيادة، زكي. (٢٠١٩). دور البنية التحتية في تحقيق النمو الاقتصادي في فلسطين. غزة، فلسطين. المؤتمر الثاني المحكم لكلية الاقتصاد والعلوم الاجتماعية بعنوان: نحو رؤية شاملة لتعزيز البنية التحتية الاقتصادية في فلسطين. متاح في: https://repository.najah.edu/bitstream/handle/20.500.11888/14259/%d8%a8%d8%ad%d8%ab%20%d8%ad%d9%88%d9%84%20%d8%a7%d9%84%d8%a8%d9%86%d9%8a%d8%a9%20%d8%a7%d9%84%d8%aa%d8%ad%d8%aa%d9%8a%d8%a9.pdf?sequence=1&isAllowed=y (تم الولوج في ٢ يوليو ٢٠٢٠).

اقتصادات مستقرة حول بقع البنية التحتية. فعلى سبيل المثال، الصناعة الواقعة على خط السكة الحديد أو الطريق السريع أو بالقرب منه ستنتج سلعاً متعددة تُدر دخلاً وتصنع رواجاً تجارياً في هذه المناطق.

٦.١.١.١ البنية التحتية في المجال الاجتماعي

تعني تلك الأنشطة والخدمات الأساسية التي تحقق أهداف اجتماعية معينة مثل التعليم والخدمات الصحية والمساحات الترفيهية التفاعلية، وتدعم هذه الخدمات بشكل غير مباشر الأنشطة الاقتصادية المختلفة. على سبيل المثال لا يؤثر التعليم بشكل مباشر على الأنشطة الاقتصادية مثل الإنتاج والتوزيع، ولكنه يدعم بشكل غير مباشر التنمية الاقتصادية للبلاد من خلال إنتاج العلماء والتقنيين والمهندسين[١٤].

شكل ٣: مدي تداخل البنية التحتية في جمع المجالات[١٥]

[14] Mehta, Pooja. (2014). Meaning, Types and Development of Economic Infrastructure in India. Available at: https://www.economicsdiscussion.net/economics-2/meaning-types-and-development-of-economic-infrastructure-in-india/2207 (Accessed on June 10, 2020)

[15] Suzuki, H. & Moffatt, S. (2010). ECO2 CITIES: Ecological Cities as Economic Cities. Washington, DC. P.134. World Bank Publications, Available at: https://www.academia.edu/25623668/Eco_2_Cities_Ecological_Cities_as_Economic_Cities (Accessed on September 5, 2022).

٢.١.١ تصنيف البنية التحتية

يتم تصنيف البنية التحتية باعتبار صفتها المادية والهيئة التي تقدم عليها إلى بنية تحتية صلبة وبنية تحتية مرنة.

شكل ٤: أنواع البنية التحتية للمدن (الصلبة والمرنة)[١٦]

١.٢.١.١ البنية الصلبة:

وهي تمثل المنشآت والمباني والطرق والمرافق الصحية والتجهيزات الكهربائية والمطارات وسكك الحديد والموانئ ووسائل الاتصالات وإمدادات المياه ومرافق الصرف الصحي وغيرها. ويمكن الحكم على البنية التحتية الصلبة على مستوى المادة بأنها بنية تحتية مادية تتميز بشكل أساسي بخاصيتين متميزتين: تلبية الاحتياجات المادية ومستوى الإنتاج الضخم.

٢.٢.١.١ البنية المرنة:

وهي تمثل الخدمات وتكنولوجيا المعلومات وبرامج التنمية والتوعية والتدريب والتعليم والقوانين والأنظمة التي تدعم البيئة وقدرة الأفراد على التفاعل معها. كل ذلك يدخل ضمن شبكة خدمية مرنة وأساسية لتحقيق استقرار البنية التحتية وبالتالي الوصول للتنمية وخاصة التنمية المستدامة[١٧]. وفي سبيل ذلك تعمل الدول والحكومات

---

[16] Mission Guidelines. (2015). Smart City Mission Statement and Guidelines | Smartnet. Available at: https://smartnet.niua.org/content/2dae72ca-e25b-4575-8302-93e8f93b6bf6 (Accessed on September 5, 2020)

[17] Sullivan, A. & Steven, M. Schifrin (2003). Economics: Principles in action. New Jersey, Pearson Prentice Hall. (pp:1-592).

جاهدة على نشر ثقافة الاستدامة والحفاظ على البيئة في المجتمع لتقوية أداء بنيتها التحتية المرنة، كما في حالة خطط ترشيد استخدام المياه والطاقة، واستخدام الطاقات المتجددة[١٨].

٣.١.١ فوائد البنية التحتية

فوائد الصحة والسلامة	الفوائد الاقتصادية
- منع أنتشار الأمراض المعدية؛ - تحسين صحة المجتمع عن طريق الحد من الازدحام المروري والحوادث؛ - انقاذ الأرواح وتقليل الأضرار في الممتلكات في حالات الحريق؛ - والتسهيلات المرتبطة مباشرة بصحة سكان المجتمع.	- ضرورية لنمو الإنتاج في المجتمع؛ - تدعم التنمية الاقتصادية من خلال البناء، فرص العمل، تسهيل تبادل السلع والخدمات؛ - تشجع الاستثمار في الأعمال التجارية الخاصة؛ و - تحسن عمل سوق العمالة من خلال تحسين سهولة الوصول.
الفوائد البيئية	**الفوائد والاجتماعية والثقافية**
- المساعدة في المحافظة على المياه ومنع تدهور الموارد المائية؛ - التخفيف من الاختناقات المرورية، الحد من الانبعاثات وتلوث الهواء.	- مساعدة المجتمعات لاستيعاب تقدم السكان في السن؛ - تعزيز التجمعات المحلية؛ - دعم سلامة وأمن المجتمع.

شكل ٥: ملخص فوائد البنية التحتية[١٩]

٤.١.١ قطاعات شبكات البنية التحتية

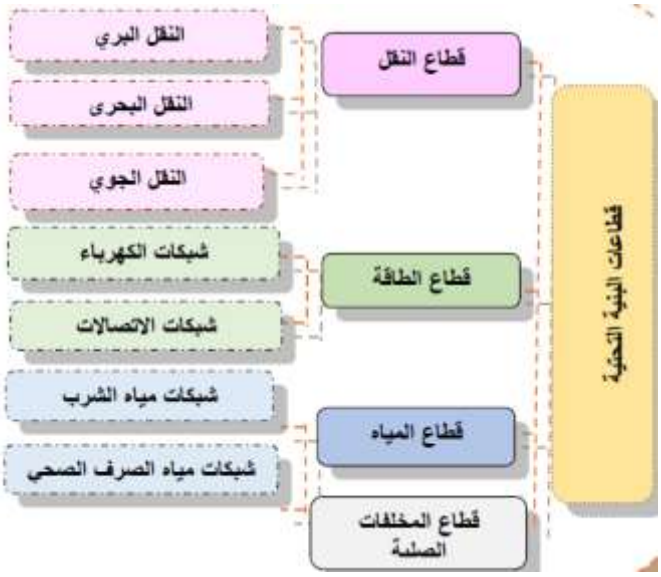
تنقسم البنية التحتية للمدن إلى عدة قطاعات تشمل:

- قطاع شبكات النقل، والذي يعتبر العصب الأساسي لأي مدينة.
- قطاع شبكات المياه، والذي ينقسم إلى مياه الشرب ومياه الصرف الصحي.
- قطاع الطاقة الذي نشأ منه قطاع جديد تم فصله لأهميته في العصر الحالي وهو قطاع الاتصالات.
- وأخيراً قطاع المخلفات الصلبة.

[١٨] وثيقة دستور العمران قانون البناء المصري. (٢٠٠٨). مصر, اللائحة التنفيذية لقانون البناء رقم ١١٩، الجريدة الرسمية، العدد ٨٢. ص ٥.

[19] International Labor Organization. (1999). Community Infrastructure In Urban Areas Creating Jobs While Improving Low-Income Settlements. Regional Office For Asia And The Pacific. Available at https://Www.Ilo.Org/Wcmsp5/Groups/Public/@Asia/@Ro-Bangkok/Documents/Genericdocument/Wcms_099553.Pdf (Accessed on Nov. 27, 2021)

ويعتبر التطور في هذه القطاعات بشكل عام مؤشراً على تحضر المدن ورقيها.



شكل ٦: قطاعات البنية التحتية[٢٠]

١.٤.١.١ قطاع النقل

يُعرِّف هانز إدلر (الخبير في شؤون النقل لدى البنك الدولي للإنشاء والتعمير) النقل على أنه "خدمة أو حدث لربط مراكز الإنتاج والمناطق الآهلة بالسكان ببعضها البعض، أي وصلها بمراكز الاستهلاك"[٢١]. ويركز إدلر في هذا التعريف على مسألة العلاقة بين الإنتاج والاستهلاك، كما يطرح في الوقت نفسه موضوع الاتصال بين المناطق الآهلة بالسكان مؤكداً بذلك على دور النقل في التطور الحضاري، وتوسيع نشاط السوق، وتسهيل الانسياب الحر للمنتجات والأشخاص. كما يمكننا أيضاً وصف النقل بأنه أحد فروع النشاط الاقتصادي والخدمي الذي يهدف إلى تسهيل انتقال الأشخاص أو المنتجات من مكان إلى آخر باستخدام وسيلة مادية معينة وفق متطلبات الحياة والسوق، وهو يساعد في إنشاء حركة التجارة، وتوسيع العمران، ويسهل تبادل خبرات الحياة الاجتماعية والانتعاش الحضاري.

---

[٢٠] الوكيل، شفق. (٢٠٠٧). التخطيط العمراني (الإسكان – الخدمات – الحركة). القاهرة, مصر. اتحاد مكتبات الجامعات المصرية (إيكوبا), الجزء الثاني. متاح في:
http://srv4.eulc.edu.eg/eulc_v5/Libraries/start.aspx?fn=ApplySearch&ScopeID=&criteria1=2.&SearchText1=%D8%A7%D9%84%D9%88%D9%83%D9%8A%D9%84%2C+%D8%B4%D9%81%D9%82+%D8%A7%D9%84%D8%B9%D9%88%D8%B6%D9%89. (تم الولوج في ٢٠ مايو ٢٠٢١).

[٢١] حريز، يعقوب. (٢٠١١). دراسة مؤشرات المواصلات في شبكات النقل: تحليل كمي ونوعي لشبكة مدينة باتنة ودراسة حالة لشبكة المؤسسة العمومية للنقل الحضري. باتنة, الجزائر. رسالة ماجستير غير منشورة, جامعة الحاج لخضر, كلية العلوم الاقتصادية والتجارة وعلوم التسيير. متاح في: http://lab.univ-batna.dz/LMTL25/images/pdf/hariz-yakoub.pdf (تم الولوج في ١٥ مايو ٢٠٢١).

٢.٤.١.١ قطاع المياه

تعتبر المياه محوراً هاماً في التطور الاقتصادي والاجتماعي، حيث أنها أساسية لتلبية الاحتياجات البشرية، وإدارة البيئة، وضمان استدامة التطور الاقتصادي، ويشمل قطاع المياه: محطات التنقية والضخ، ومرافق التخزين، وحقول الآبار، والخطوط الرئيسية، وأنظمة التوزيع، والوصلات المنزلية وغيرها. وفي بعض المدن قد يتطلب الأمر خلط مصدري مياه في خزانات خاصة ثم يتم الضخ لاحقاً في شبكة التوزيع.

في مصر تقع البنية التحتية الرئيسية للمياه على نهر النيل، وخصوصاً السد العالي في أسوان، وسد أسوان القديم، وعدد من القناطر عند مصب النهر في الدلتا، وتبلغ القدرة التخزينية لسد أسوان القديم –الذي تم بناؤه بين عامي ١٨٩٩ و١٩٠٢م– حوالي ٥ مليار متر مكعب. من ناحية أخرى تم بناء السد العالي في أسوان عند أعلى مجرى سد أسوان القديم، وقد اكتمل بناؤه في عام ١٩٧٠ بخزان بحيرة ناصر الذي تبلغ سعته التخزينية حوالي ١٦٢ مليار متر مكعب، وتتضمن هذه السعة تخزيناً طويل الأجل يبلغ ٣١ مليار متر مكعب، وسعةَ تخزينٍ حيّةٍ تبلغ ٩٠ مليار متر مكعب، وسعةَ تخزينٍ لحالات الطوارئ تبلغ ٤١ مليار متر مكعب للحماية من الفيضانات. ويتم التحكم بمستوى وتوزيع المياه أسفل مجرى أسوان من خلال عدد من القناطر المجهزة بهويسات (بوابات تنزلق عمودياً) للسماح بمرور القوارب[٢٢].

يتم توزيع المياه على مستوى المزارع، وفقاً لنظام معقد وواسع من الدورات والقنوات، ولا سيما في دلتا النيل. من خلال هذا النظام يتم تحويل مجرى المياه في نهر النيل إلى الأراضي الزراعية من خلال تسلسل هرمي للقنوات العامة، والتي تشمل النواقل أو القنوات الأساسية، والقنوات الثانوية (أو الفروع)، وقنوات الدرجة الثالثة (الأفرع التابعة) ثم تقوم قنوات الفروع بتوصيل المياه إلى قنوات خاصة تسمى المساقي حيث تخدم كل منها مساحة تتراوح ما بين ٥٠ إلى ٢٠٠ فداناً تقريباً، وتغذي المساقي المراوي، وهي خنادق تصل إلى المَزارع، والتي تخدم ما يصل إلى ٢٠ فداناً.

[22] Water Fanack (2018). Water Infrastructure in Egypt. Available at: https://water.fanack.com/ar/egypt/water-infrastructure/ (Accessed on June 10, 2020).

يعتبر مصدر مصر الرئيسي للمياه العذبة هو نهر النيل والذي يمد مصر بحوالي ٥٥.٥ مليار متر مكعب من المياه العذبة سنوياً، وهو ما يمثل ٩٧٪ من جميع الموارد المائية المتجددة في مصر كما هو مبين في شكل ٧، ولدى مصر أيضاً أربعة خزانات للمياه الجوفية المختلفة وهي خزان حوض النيل، وخزان الحجر الرملي النوبي, وخزان المغرة الجوفي, والخزان الساحلي.

الموارد المائية	الحجم (مليار متر مكعب/ السنة)
نهر النيل	55.50
المياه الجوفية العميقة	2.1
المياه الجوفية الضحلة (الدلتا)	1.30
الهطول المطري/ الفيضانات المفاجئة	0.35
مياه البحر المحلاة	7.5
إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي	13.5
المجموع	**80.25**

شكل ٧: المصادر المختلفة للموارد المائية في مصر[٢٣]

يزداد الطلب على المياه بشكل مستمر، فمثلاً وصلت حاجة الفرد إلى حوالي ألف لتر يومياً في بعض الدول الصناعية، في حين تعاني دول أخرى من مشكلة المياه حيث لا تتجاوز حصة الفرد فيها ٢٠ لتر يومياً، وربما أقل من ذلك بكثير وخاصة في الدول التي تعاني من الجفاف، فمعظم شبكات الإمداد بالمياه في المناطق الحضرية تواجه مشاكل عديدة تحتاج لحلها مثل ندرة المياه والتلوث. علاوة على ذلك تتأثر الشبكات بمشاكل رئيسية على رأسها النمو السكاني، وذلك لتلبية الحد الأدنى من احتياجات كل مواطن وتحسين نوعية الحياة. في عام ١٩٠٠ عاش ١٣٪ فقط من سكان العالم في المدن وقد ارتفعت هذه النسبة في عام ٢٠٠٥ إلى ٤٩٪، ومن المتوقع أن ترتفع هذه الإحصائية في عام ٢٠٣٠ إلى ٦٠٪. لذلك أصبح من الضروري توسيع شبكات

[23] Water Fanack (2018). Water Infrastructure in Egypt. Available at: https://water.fanack.com/ar/egypt/water-infrastructure/ (Accessed on June 10, 2020).

إمدادات المياه التي تعتبر عبئاً مستمراً على موازنة الحكومة، لأنها تحتاج الى بناء بنية تحتية جديدة وقد لا تكفي في كثير من الحالات بسبب النمو السريع في بناء وتعمير المدن[٢٤].

٣.٤.١.١ قطاع الصرف الصحي

تشمل أنظمة ووصلات جمع المياه المستخدمة، والخطوط الرئيسية التي تعتمد معظم الوقت على الجاذبية الأرضية لتقليل الحاجة إلى محطات ضخ. ويعتبر الجزء الرئيسي من هذا المرفق هو محطات المعالجة والترشيح. تعتبر كافة أنواع المياه الناجمة عن مختلف الفعاليات المنزلية (غسيل الثياب والمراحيض وأعمال التنظيف وغيرها) مياه فضلات وتضاف إليها في المدن الكبرى مياه الفضلات الصناعية. تتشكل مياه الفضلات عامة من حوالي ٩٩٪ من الماء وحوالي ١٪ من الشوائب والملوثات الضارة، والتي يتم نقلها بشبكة المجاري العامة إلى محطة المعالجة أو إلى أي مصب طبيعي بعيد عن المدينة[٢٥].

تؤدي مياه الأمطار وارتفاع منسوب مياه الفيضانات إلى تفاقم حالة الصرف في المستوطنات البشرية وزيادة خطر التلوث وبالتالي تأتي أهمية شبكات الصرف الصحي في كونها أحد المرافق العامة الأساسية للتنمية البشرية[٢٦].

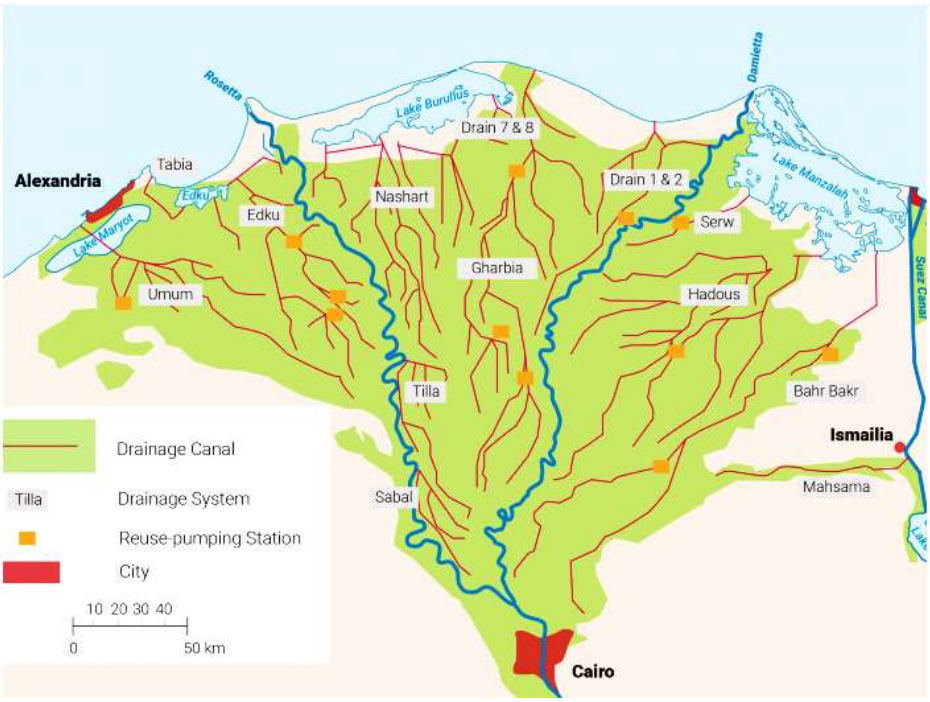
في مصر تم إنشاء نظام صرف صحي مفتوح وموّسع على طول مجرى نهر النيل بداية من السد العالي بأسوان لنقل مياه الري الفائضة إلى البحر الأبيض المتوسط والبحيرات الطرفية. وقد بدأ بناء نظام الصرف المفتوح في نهاية القرن التاسع عشر عندما تأثرت التربة بشكل كبير بسبب ارتفاع منسوب المياه وزيادة الملوحة. وفي الوقت الحالي، يغطي النظام جميع الأراضي المزروعة في وادي ودلتا النيل، ويبلغ طوله حوالي ١٦,٦٨٦ كيلومتراً، ٦٧٪ منها في منطقة الدلتا والباقي في صعيد مصر ومصر الوسطى.

---

[٢٤] الدميري، الشيماء محمد عبداللطيف. (٢٠١٧). إعادة منهجية تخطيط البنية التحتية المستدامة للمدن المتوسطة في إطار العمارة الخضراء، المنصورة. رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الهندسة جامعة المنصورة.

[٢٥] الدميري، الشيماء محمد عبداللطيف. (٢٠١٧). إعادة منهجية تخطيط البنية التحتية المستدامة للمدن المتوسطة في إطار العمارة الخضراء، المنصورة. رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الهندسة جامعة المنصورة.

[26] Valdimir, S. et al. (2020). Water availability, infrastructure and ecosystems. USA. United Nations University Institute for Water, Environment and Health, pp: 54-67. Available at: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373062_ara (Accessed on Jan. 20, 2022).



شكل ٨: قنوات التصريف الرئيسية في دلتا النيل[٢٧]

٤.٤.١.١ قطاع الطاقة[٢٨]

تنقسم مصادر الطاقة إلى مصادر متجددة ومصادر غير متجددة، ويقصد بالطاقة المتجددة هي التي يتم إنتاجها من مصادر طبيعية وهي تكون مستمرة ولا تنضب، فالطبيعة التي تحيط بالإنسان تعمل بشكل مستمر على إنتاج الطاقة بكميات هائلة وغير محدودة، والإنسان يستغل جزءاً بسيطاً جداً من هذه الطاقة، فالشمس مثلاً تعطي الإنسان مقادير هائلة من الطاقة، وكذلك الرياح التي تنتج كمية من الطاقة تبلغ أضعاف ما يحتاجه الإنسان وكذلك طاقة المد والجذر.

أما مصادر الطاقة غير المتجددة فيقصد بها مصادر الطاقة التي تكونت في باطن الأرض منذ ملايين السنين، وتعتبر مخزوناً محدوداً للطاقة ينتهي خلال وقت قصير ومن أهم أنواعها البترول والغاز الطبيعي.

---

[27] Water Fanack (2018). Water Infrastructure in Egypt. Available at: https://water.fanack.com/ar/egypt/water-infrastructure/ (Accessed on June 10, 2020).

[٢٨] الدميري، الشيماء محمد عبد اللطيف. (٢٠١٧). إعادة منهجية تخطيط البنية التحتية المستدامة للمدن المتوسطة في إطار العمارة الخضراء، المنصورة. رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الهندسة جامعة المنصورة.

٢.١ البنية التحتية في مصر

تعاني البنية التحتية في مصر من تدهور كبير في الآونة الأخيرة، وبدأت تتفاقم مشكلة تهالك البنية التحتية في ظل ارتفاع نسبة السكان في العديد من المناطق، وإيجاد أي حلول مؤقتة سوف يصطدم بعدم وجود خدمات متكاملة في هذه المناطق، أو آليات لحل تلك الأزمات والمشاكل المتراكمة منذ سنوات.

وحيث أن البنية التحتية هي عامل تمكين رئيسي للتنمية، كان لابد في المدن الجديدة من تواجد خطة لتقسيم المناطق الحضرية والتوزيع السكاني على مستوى الجمهورية وتخطيط المدن والأقاليم بناء على توزيع جغرافي سليم، واتخذت مصر أيضاً خطوات واسعة لتحسين جودة البنية التحتية الحالية، مثل زيادة استثمارات البنية التحتية ب ٢.٣ تريليون جنيه مصري بما يعادل ١٤٣ مليار دولار في البنية التحتية على مدى السنوات السبع منذ العام المالي ٢٠١٥/٢٠١٦ حتى الآن[٢٩].

١.٢.١ المؤسسات المسؤولة عن البنية التحتية في مصر

تعتبر وزارة التخطيط هي الجهة المسؤولة عن مشروعات تمويل البنية التحتية في مصر، وتقوم بمراجعة مقترحات المشروعات الاستثمارية المقدمة من الوزارات والجهات التابعة لها, بالإضافة إلي قيامها باقتراح بعض المشروعات في إطار الخطة الخمسية. مع ذلك يجب الإشارة إلى أن نظام إدارة الاستثمارات العامة في مصر يعاني من بعض أوجه القصور أبرزها عدم وجود تناسق بين الخطط التنموية الكبرى ومشروعات البنية التحتية، والمشروعات التي يقع عليها الاختيار قد لا تخضع لدراسات جدوى كافية.

٢.٢.١ مشاكل قطاعات البنية التحتية في مصر

١.٢.٢.١ قطاع النقل

زيادة معدل تملك السيارات، وسوء إدارة حركة السير، وعدم تطبيق قوانين المرور كاملةً، وزيادة عدد السكان، وعدم وجود رقابة على الطرق والسرعات المحددة للسيارات.

---

[٢٩] عبد الله، محمود. (٢٠٢١). وزيرة التخطيط: ١٤٣ مليار دولار قيمة استثمارات مصر في البنية التحتية خلال ٧ سنوات. القاهرة، مصر. بوابة الأهرام. متاح في: https://gate.ahram.org.eg/News/3075927.aspx (تم الولوج في ٢ يوليو ٢٠٢٢).

٢.٢.٢.١ قطاع المياه

تعاني مصر من شح شديد في المياه بسبب توزيع المياه غير المتكافئ وتلوث المياه والإهدار في استخدامها وارتفاع معدلات النمو السكاني.

٣.٢.٢.١ شبكات الصرف الصحي

من أهم مشاكل هذا القطاع في مصر عدم وجود صرف صحي في عدة مناطق بالإضافة إلى صرف المياه في مجاري مياه الشرب أو في البحر.

٤.٢.٢.١ قطاع الطاقة

يعاني من نقص الوقود اللازم لتشغيل محطات توليد الكهرباء، وانخفاض كفاءة التوليد بسبب عدم انتظام الصيانة الدورية.

الخلاصة:

البنية التحتية هي العمود الفقري للحياة وتعمل الاستثمارات في مجالات البنية التحتية على تحسين الأحوال المعيشية وكذلك الحد من الفقر، فهي تعد ركيزة النشاط الاقتصادي، وبالتالي سيحاول البحث الوصول إلى حلول مستدامة لحل هذه المشاكل وخصوصاً مشكلة المياه.

٣.١ البنية التحتية الخضراء

١.٣.١ تعريف البنية التحتية الخضراء (Green Infrastructure)

يمكن تسخير الطبيعة لتقديم الخدمات الحيوية للمجتمعات، وحمايتها من الفيضانات أو الحرارة، وتحسين جودة الهواء والماء، التي تدعم الصحة البشرية والبيئية. وعندما يتم تسخير الطبيعة من قبل الناس واستخدامها كنظام بنية تحتية تسمى هذه البنية حينها "البنية التحتية الخضراء"[٣٠].

برز مفهوم البنية التحتية الخضراء كتوجه معاصر صديق للبيئة في تطوير الأرض وتنظيم العلاقة بين العناصر الطبيعية وربطها مع البيئة المبنية. ويوجد عدة مفاهيم للبنية التحتية الخضراء، مثل:

[30] Benedict, M.A. & McMahon, E.T. (2006). Green Infra-structure: linking landscapes and communities. USA. Island Press, second edition, pp:1-299.

- أنها شبكة مترابطة من المساحات الخضراء التي تحافظ على قيم ووظائف النظام البيئي الطبيعي وتوفيره للفوائد المرتبطة بالسكان.[٣١]
- أنها شبكة الغطاء النباتي الطبيعي الموجود في مدننا وبلداتنا، وتشمل الحدائق العامة، والمناطق الترفيهية، والحدائق السكنية، وأشجار الشوارع، وتقنيات التخضير مثل الأسطح الخضراء والجدران الخضراء[٣٢].
- يرى بينيديكت[٣٣] أن البنية التحتية الخضراء مرتبطة بالهياكل الهندسية، مثل إدارة مياه الأمطار أو مرافق معالجة المياه المصممة لتكون صديقة للبيئة. وبعبارة أخرى البنية التحتية الخضراء هي نهج للإدارة المتكاملة التي تستخدم أنظمة طبيعية أو هندسية من أجل الحفاظ على الموارد الطبيعية، والحد من التلوث والفيضانات، وتحسين جودة البيئة، وتوفير خدمات المرافق.
- أو أنها عبارة عن شبكات إدارة مياه العواصف اللامركزية، مثل الأسطح الخضراء، والأشجار، وحدائق المطر، والأرصفة النفاذة، والتي يمكنها التقاط وتحديد حركة الأمطار حيث تسقط، وبالتالي تقليل جريان مياه الأمطار وتحسين صحة المجاري المائية المحيطة.[٣٤]
- أو أنها نهج لإدارة المياه يحمي دورة المياه الطبيعية أو يستعيدها أو يحاكيها، وهذا يعني زراعة الأشجار واستعادة الأراضي الرطبة، بدلاً من بناء محطات جديدة مكلفة لمعالجة المياه. وهذا يعني أيضاً اختيار رفع كفاءة المياه بدلاً من بناء سد جديد لإمدادات المياه[٣٥].

---

[31] Benedict, M.A., & McMahon, E.T. (2002). Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century. USA. Renewable Resources Journal, Vol. 20, No.3, pp:12-17.

[32] Bosomworth, K., Trundle, A. & McEvoy, D. (2013). Responding to the Urban Heat Island: A Policy and Institutional Analysis, final report. Australia, Victorian Centre for Climate Change Adaptation, p:16. Available at: http://www.vcccar.org.au/sites/default/files/publications/UHI%20policy%20and%20insititutional%20analysis%20final%20report.pdf (Accessed on November 13, 2021).

[33] Benedict, M.A. & McMahon, E.T. (2006). Green Infra-structure: linking landscapes and communities. USA. Island Press, second edition, pp:1-299.

[34] CNT. (2011). The Value of Green Infrastructure: A Guide to Recognizing Its Economic, Environmental and Social Benefits. Chicago, USA. Center for Neighborhood Technology. Available at: https://cnt.org/sites/default/files/publications/CNT_Value-of-Green-Infrastructure.pdf (Accessed on October 18, 2021).

[35] American Rivers. (2016). What is Green Infrastructure? Available at: https://www.americanrivers.org/threats-solutions/clean-water/green-infrastructure/what-is-green-infrastructure/ (Accessed on May 20, 2020).

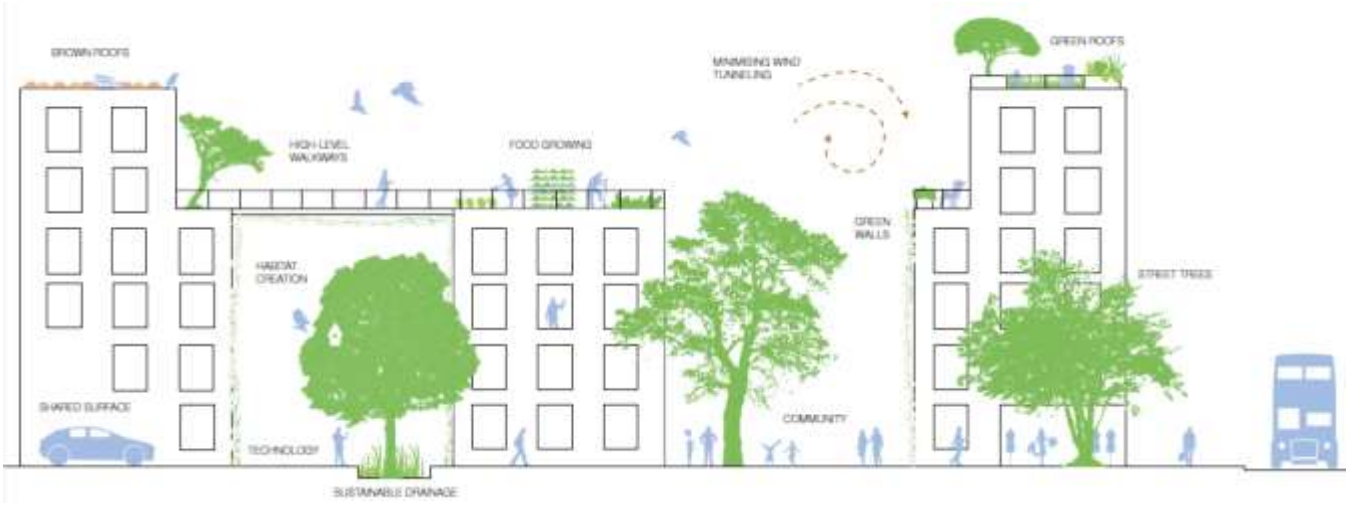
نستنتج من هذه التعريفات أن البنية التحتية الخضراء عبارة عن:

شبكة مترابطة من المساحات الخضراء، تعتمد على تسخير الطبيعة لتوفير الخدمات الرئيسية للمجتمعات وتوفر آليات لمواجهة التحديات المناخية والحضرية، وهي مدخل لإدارة وتحسين المياه، وتشمل المنتزهات والمحميات، والحدائق العامة والمنزلية، ومجاري السيول، والمسطحات الخضراء في الشوارع العامة، ومسارات المشاة, والساحات العامة, وأسقف المباني والجدران الحية، بالإضافة إلى الملاعب الرياضية وأخيراً المقابر.

يمكن أن يكون تطوير البنية التحتية الخضراء بمثابة استراتيجية تكيفية لمعالجة الظروف غير المعروفة في المستقبل، بما في ذلك تغير المناخ وندرة المياه وانعدام الأمن الغذائي وموارد الاقتصاد المحدودة ومن المتوقع أن تؤثر هذه الظروف على البيئة الحضرية بشكل كبير.

٢.٣.١ أقسام البنية التحتية الخضراء

البنية التحتية الخضراء متنوعة المقاييس، بحيث يمكن العثور عليها سواء على مستوى المبنى، أو الشارع أو الحي أو المدينة.



شكل ٩: البنية التحتية الخضراء متنوعة المقاييس[٣٦]

تنقسم البنية التحتية الخضراء طبقاً للمقياس والاستخدام إلى:

[36] Feisal, Z. & Haron, A. (2016). Multifunction Green Infrastructure: Towards Upgrading Urban Ecosystem in Cairo, Conference Paper. Cairo, Egypt, 7th ArchCairo Conference, pp:1-30. Available at: https://www.academia.edu/38143079/MULTIFUNCTION_GREEN_INFRASTRUCTURE_NEW_CAIRO_pdf (Accessed on May 1, 2020).

١.٢.٣.١ البنية التحتية الخضراء على مستوى المبنى

تشمل المساحات الخضراء داخل المباني مثل الأسطح الخضراء، الجدران الخضراء، وبراميل المطر.

وقد أجريت دراسات في مدينة نيويورك[٣٧] أوضحت أنه قد يؤدي تثبيت سقف أخضر مساحته ٤٠ قدم مربع إلى توفير ٨١٠ جالون من مياه الأمطار التي يتم التقاطها لكل سقف في السنة. بعض الدراسات تقدر هذه الإنتاجية بنسبة ارتفاع تصل إلى ٢٠-٢٥٪ أكثر من الأسطح التقليدية، استنادا إلى فوائد إدارة مياه الأمطار وخفض تكاليف الكهرباء. وتظهر هذه الدراسات أيضاً أن توفير الطاقة من الأسطح الخضراء يصل إلى نسبة ١٥-٤٥٪ من استهلاك الطاقة السنوي. ومن أمثلة المشروعات الشهيرة التي تبنت هذا النهج مبنى إمباير ستيت (The Empire State Building) في مدينة نيويورك[٣٨]، ومشروع Rooftop Haven for Urban Agriculture في مدينة شيكاغو بالولايات المتحدة[٣٩].

٢.٢.٣.١ البنية التحتية الخضراء على مستوى الشارع

تتضمن المساحات الخضراء مثل صناديق النباتات، الأرصفة التي تسمح بنفاذية المياه (Permeable Pavements) والشوارع الخضراء (Green Streets/Street Trees). وهي جميعاً تعمل على تجميع وامتصاص مياه الأمطار الجارية من الأرصفة ومواقف السيارات والشوارع. ومثال على ذلك ما تم وضعه من صناديق زرع في ميدان كولومبوس بمدينة فيلادلفيا لإدارة مياه الأمطار[٤٠]، وما تم زراعته من أشجار في شوارع منطقة خليج سان فرانسيسكو[٤١].

---

[37] Foster J., Lowe A. & Winkelman S. (2011). The Value of Green Infrastructure for Urban Climate Adaptation. Washington, DC. The Center for Clean Air Policy (CCAP), p. 51. Available at: https://wrrc.arizona.edu/sites/wrrc.arizona.edu/files/Green_Infrastructure.pdf (Accessed on June 12, 2021).

[38] Dubey P. (2022). Empire State Building Goes Green. New Yourk, USA. Informed Infrastructure Magazine. Available at https://informedinfrastructure.com/73299/empire-state-building-goes-green/ (Accessed on April 27, 2022).

[39] ASLA. (2021). Professional Awards of 2010: Rooftop Haven for Urban Agriculture. Chicago, USA. American Society of Landscape Architects. Available at: https://www.asla.org/2010awards/377.html (Accessed on October 13, 2021).

[40] Philly Water Sheds. (2020). Stormwater Planter. Available at: http://archive.phillywatersheds.org/what_were_doing/green_infrastructure/tools/stormwater-planter (Accessed on July 13, 2021).

[41] Simpson, J.R. & McPherson, E.G. (2007). San Francisco Bay Area State of the Urban Forest: Final Report. Davis, USA. Center for Urban Forest Research, USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station, pp:10-15.

٣.٢.٣.١ البنية التحتية الخضراء على مستوى الحي

هي شبكة مترابطة من المساحات الخضراء تشمل المنتزهات والحدائق داخل الحي، والممرات الخضراء، والحدائق المطيرة (Rain gardens)، والأراضي الرطبة المشيدة (Wetlands). على سبيل المثال في مدينة بورتلاند بالولايات المتحدة الأمريكية تم تصميم حديقة مطر في موقف انتظار سيارات يطل عليه فصول دراسية من جهة الجنوب، وكانت ساحة هذا الفناء فيما مضى شديدة الحرارة وغير جذابة. لكن بعد تثبيت حديقة المطر تحولت ساحة انتظار السيارات من مساحة رمادية إلى مساحة خضراء تدير مياه الأمطار وتساعد على تبريد الفصول الدراسية المجاورة لها[٤٢].

شكل ١٠: فناء موقف سيارات مدينة بورتلاند (قبل وبعد حديقة المطر)[٤٣]

٤.٢.٣.١ البنية التحتية الخضراء على مستوى المدينة

هي مجموعة من المساحات الطبيعية والمناظر الطبيعية، الكبيرة والصغيرة، العامة والخاصة، البسيطة والمعقدة تتجمع معًا لتشكيل شبكة المدينة الخضراء وتشمل المساحات المفتوحة، الأنهار، الغابات، الحدائق، الشوارع التي يصطف على جانبيها الأشجار، المناطق الخضراء في الشوارع، البرك، وحدائق الأراضي

Available At: https://www.fs.usda.gov/psw/topics/urban_forestry/products/2/psw_cufr719_SFBay.pdf (Accessed on May 12, 2021).

[42] Taekyu KIM & Seung-Hyun KIM. (2014). Green Infrastructure for Sound Urban Hydrological Cycle. Kawasaki, Japan. International Workshop on Eco-city and Biodiversity. Available at: https://www.nies.go.jp/kokusai/tpm/tpm11/download/part2/p2_s1_03.pdf (Accessed on March 15, 2020).

[43] Taekyu KIM & Seung-Hyun KIM. (2014). Green Infrastructure for Sound Urban Hydrological Cycle. Kawasaki, Japan. International Workshop on Eco-city and Biodiversity. Available at: https://www.nies.go.jp/kokusai/tpm/tpm11/download/part2/p2_s1_03.pdf (Accessed on March 15, 2020).

الرطبة المشيدة [٤٤] مثل حديقة كيوان في الصين (Qiaoyuan Park in China) والتي تحولت من مكب نفايات الى منتزه أخضر [٤٥].

علماً بأن فوائد هذه المساحات الخضراء تتعدى القيم الجمالية والاجتماعية حيث تزيد من قيمة العقارات والأراضي الموجودة حولها، وقد يحدث نمو في قيمة العقارات في المناطق ذات التشجير والمساحات الخضراء بنسبة تتراوح بين ٢-١٠ ٪ عن مثيلاتها الرمادية[٤٦].

شكل ١١: البنية التحتية الخضراء داخل المدينة[٤٧]

٣.٣.١ مبادئ البينة التحتية الخضراء

اعتبرت إيكوتك (٢٠٠٦) أن المبادئ الإقليمية الاستراتيجية للبنية التحتية الخضراء هي جزء لا يتجزأ من إطار النمو الحضري، حيث تقدم هذه المبادئ أدوات تخطيط قوية تخلق روابط بين الحجم والوظيفة والنوع والشكل

---

44 Ajuntament de Barcelona. (2013). Barcelona green infrastructure and biodiversity plan of 2020. Barcelona, Spain. Medi Ambient i Serveis Urbans. Available at https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/sites/default/files/Barcelona%20green%20infrastructure%20and%20biodiversity%20plan%202020.pdf (Accessed on February 13, 2020).

45 ASLA. (2010). ASLA 2010 Professional Awards | Tianjin Qiaoyuan Park: The Adaptation Palettes. Chicago, USA. American Society for Landscape Architects. Available at: https://www.asla.org/2010awards/033.html (Accessed on February 13, 2020).

46 Foster J., Lowe A. & Winkelman S. (2011). The Value of Green Infrastructure for Urban Climate Adaptation. Washington, DC. The Center for Clean Air Policy (CCAP), p. 51. Available at: https://wrrc.arizona.edu/sites/wrrc.arizona.edu/files/Green_Infrastructure.pdf (Accessed on June 12, 2021).

47 Ajuntament de Barcelona. (2013). Barcelona green infrastructure and biodiversity plan of 2020. Barcelona, Spain. Medi Ambient i Serveis Urbans. Available at https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/sites/default/files/Barcelona%20green%20infrastructure%20and%20biodiversity%20plan%202020.pdf (Accessed on February 13, 2020).

للبنية التحتية المختارة. اقترح بنديكت ومكماهون (٢٠٠٢) [٤٨] مبادئ حاسمة لنجاح مبادرات البنية التحتية الخضراء منها:

- تصميم وتخطيط استراتيجية ذكية بمقاييس بيئية مختلفة، تراعي تعزيز دور المساحات الخضراء في البيئة الحضرية.
- تصميم وإدارة الأراضي كمورد متعدد الوظائف قادر على تقديم مجموعة واسعة من الفوائد البيئية وتحسين جودة الحياة.
- الاعتراف بخصوصية طابع وتميز المواقع المختلفة وضمان استجابة السياسات والبرامج الموضوعة وفقًا لذلك الاختلاف.

٤.٣.١ فوائد البنية التحتية الخضراء

البنية التحتية الخضراء ترتبط بمجموعة متنوعة من الفوائد البيئية والاقتصادية والبشرية كما هو مبين في شكل ١٢. فوائد البنية التحتية الخضراء بشكل خاص تبرز في المناطق الحضرية والضواحي حيث المساحة الخضراء محدودة والأضرار البيئية أكثر اتساعاً.

شكل ١٢: الفوائد البيئية والاجتماعية والاقتصادية والصحية العامة للبنية التحتية الخضراء [٤٩]

---

[48] Abdou, A., Abd Elgawad, I. & Fouad, T. (2016). Green Infrastructure to Achieve Sustainability in Urban Design: Nile Corridor in Great Cairo As A Case Study. Cairo, Egypt. Journal of Al Azhar University Engineering Sector Vol. 11, No. 40, pp: 1055- 1066. Available at: https://jaes.journals.ekb.eg/article (Accessed on April 11, 2019).

[49] Convention of Biological Diversity. (2021). Infrastructure: Public works for people and planet. USA, United Nations Environment Programme. Available at: https://www.cbd.int/article/infrastructure-public-works-for-people-and-planet (Accessed on July 1, 2021).

١.٤.٣.١ فوائد بيئية

- تحسين جودة الهواء: فالمناطق التي بها مساحات خضراء كالأشجار والنباتات يقل فيها ملوثات الهواء مثل غاز ثاني أكسيد الكربون وغازات الاحتباس الحراري والدخان والأتربة.
- تحسين الصحة العامة: التعرض للمناطق الخضراء يقلل من الميل إلى العنف بين الأفراد ويساعد السكان على التمتع بأجواء أكثر أمانًا وأقل عنفاً[٥٠].تحسين الصحة العامة: التعرض للمناطق الخضراء يقلل من الميل إلى العنف بين الأفراد ويساعد السكان على التمتع بأجواء أكثر أمانًا وأقل عنفاً[٥١].
- تقليل الجريان السطحي: حيث إن استخدام تطبيقات البنية التحتية الخضراء يقلل من الجريان السطحي لمياه الأمطار وبالتالي يعمل على تقليل التلوث الناجم عنها، بل والاستفادة منها.
- تقليل التلوث الضوضائي: عند قياس الإرسال الصوتي للسقف الأخضر والسقف التقليدي نجد أن السقف الأخضر أقل ضوضاءاً.
- الموئل والتنوع البيولوجي: فتطبيقات البنية التحتية الخضراء توفر مسكناً للحياة البرية وتعزز الموئل البيئي من أجل التنوع في أجناس النباتات والحيوانات المترددة على المكان.

٢.٤.٣.١ فوائد اقتصادية

- توفير الطاقة: المباني في الطقس الحار الجاف التي تحيط بها المساحات الخضراء تستهلك طاقة أقل للتبريد بسبب الظل الذي توفره الأشجار مما يؤدي إلى خفض درجات الحرارة وانتشار الهواء البارد. مثال ذلك أن السقف الأخضر لمبنى أكاديمية العلوم في مدينة شيكاغو أدى إلى تخفيض متطلبات التدفئة

[50] Kuo, F., Sullivan, W. (2001). Environment and Crime in the Inner City: Does Vegetation Reduce Crime. Washington DC. Environmental Design Research Association (EDRA), Volume: 33 issue: 3, pp: 343-367. Available at https://doi.org/10.1177/0013916501333002. (Accessed on August 20, 2019).

[51] Kuo, F., Sullivan, W. (2001). Environment and Crime in the Inner City: Does Vegetation Reduce Crime. Washington DC. Environmental Design Research Association (EDRA), Volume: 33 issue: 3, pp: 343-367. Available at https://doi.org/10.1177/0013916501333002. (Accessed on August 20, 2019).

والتبريد بنسبة ٣٥٪ في السنة[٥٢]. وأسست الجمعية الأمريكية لمهندسي المناظر الطبيعية[٥٣] (American Society of Landscape Architects ASLA) سطحًا أخضر على مبنى المقر الرئيسي لها أدي إلى انخفاض درجة الحرارة إلى ٣٢ درجة فهرنهايت بشكل أفضل عند مقارنته بالسطح القديم وبشكل عام توفر الأسطح الخضراء في تكلفة الطاقة بنسبة تتراوح بين ١٥-٢٥٪[٥٤].

- حماية أنظمة المياه: البنية التحتية الخضراء تبطئ معدل الجريان السطحي، مما يقلل من الضغط على هذه الأنظمة وخفض تكاليف الصيانة، على عكس البنية التحتية الرمادية التي تسبب تآكل في المجاري المائية وبالتالي تجعل تكلفة الصيانة عالية.
- المناطق التي بها مساحات خضراء تزيد من قيمة العقارات والأراضي الموجودة حولها، فقد تم الإشارة سابقاً أن قيمة العقارات ترتفع بنسبة ٢-١٠ ٪ في حالة وجود مساحات خضراء وأشجار[٥٥]. وقد ظهر هذ التأثير الاقتصادي في مثال آخر حين قامت مدينة نيويورك بوضع خطتين للتعامل مع مياه الأمطار، إحداهما كانت نهجًا للبنية التحتية الخضراء استخدموا فيها تطبيقات الأسطح الخضراء والأراضي الرطبة المشيدة لاستغلال مياه الفيضانات، والأخرى كانت نهجاً للبنية التحتية الرمادية التي تشمل الأنفاق ومصارف العواصف. في النهاية وجدوا أن نهج البنية التحتية الخضراء قد وفر تكاليف بقيمة ١.٥ مليار دولار[٥٦].

---

[52] Feisal, Z. & Haron, A. (2016). Multifunction Green Infrastructure: Towards Upgrading Urban Ecosystem in Cairo, Conference Paper. Cairo, Egypt, 7th ArchCairo Conference, pp:1-30. Available at: https://www.academia.edu/38143079/Multifunction_Green_Infrastructure_New_Cairo_pdf (Accessed on May 1, 2020).

[53] ASLA. (2007). ASLA Green Roof Monitoring Results. Chicago, USA. American Society for Landscape Architects. Available at: https://www.asla.org/uploadedFiles/CMS/Green_Roof/Green_Roof_Monitoring_Results.doc. (Accessed on February 10, 2020).

[54] Feisal, Z. & Haron, A. (2016). Multifunction Green Infrastructure: Towards Upgrading Urban Ecosystem in Cairo, Conference Paper. Cairo, Egypt, 7th ArchCairo Conference, pp:6. Available at: https://www.academia.edu/38143079/Multifunction_Green_Infrastructure_New_Cairo_pdf (Accessed on May 1, 2020).

[55] Foster J., Lowe A. & Winkelman S. (2011). The Value of Green Infrastructure for Urban Climate Adaptation. Washington, DC. The Center for Clean Air Policy (CCAP), p. 51. Available at: https://wrrc.arizona.edu/sites/wrrc.arizona.edu/files/Green_Infrastructure.pdf (Accessed on June 12, 2021).

[56] Feisal, Z. & Haron, A. (2016). Multifunction Green Infrastructure: Towards Upgrading Urban Ecosystem in Cairo, Conference Paper. Cairo, Egypt, 7th ArchCairo Conference, pp:1-30. Available at: https://www.academia.edu/38143079/Multifunction_Green_Infrastructure_New_Cairo_pdf (Accessed on May 1, 2020).

- إنتاج الغذاء: حيث إن تطبيقات البنية التحتية الخضراء توفر المزيد من فرص زراعة الأراضي ورفع كفاءتها وتحسين إنتاجيتها من الغذاء.

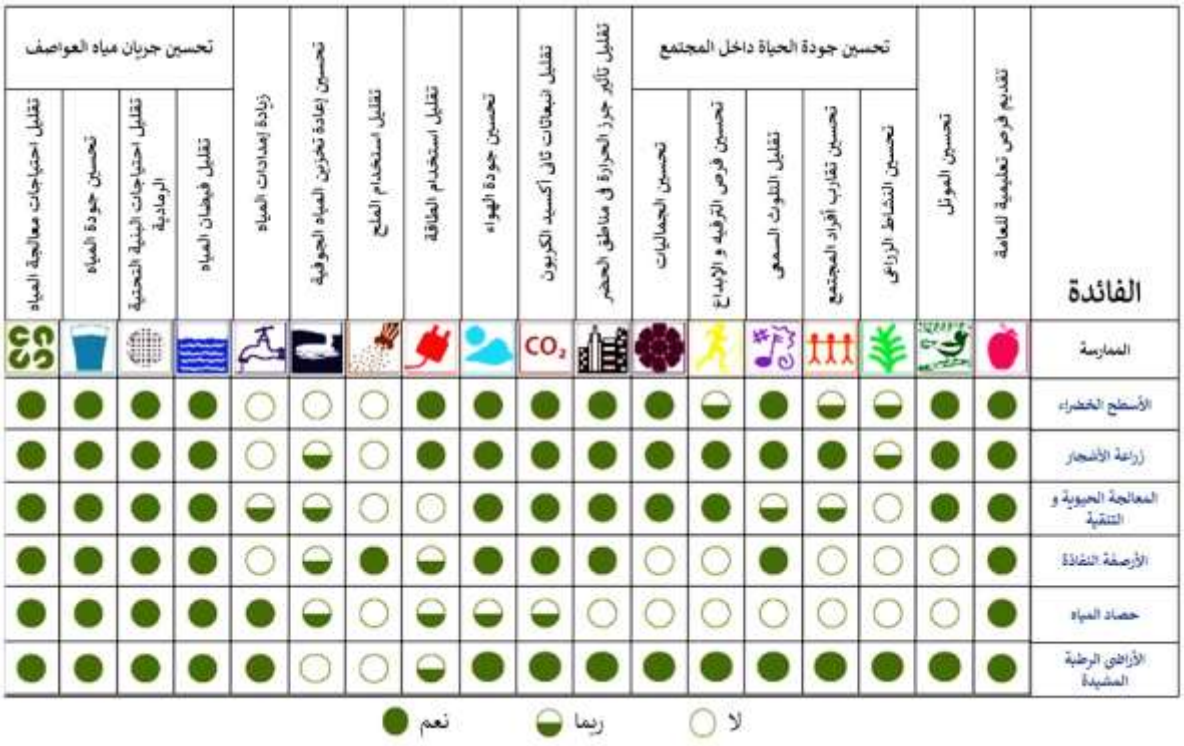
شكل ١٣: الاستثمار في البنية التحتية الخضراء أقل تكلفة من البنية التحتية الرمادية[٥٧]

٣.٤.٣.١ فوائد اجتماعية

- تعزيز معيشة المجتمع: استخدام البنية التحتية الخضراء يؤدى إلى تحسين نوعية الحياة في المدن وزيادة تماسك المجتمع وتعزيز الاتصال فيما بين الأفراد.
- زيادة الفرص الترفيهية: حيث يمكن للبنية التحتية الخضراء أن تزيد من أنشطة الترفيه المرتبطة بالمساحات الخضراء.
- زيادة القيمة الجمالية: فالمساحات الخضراء تعطي طابعاً جمالياً محبباً للنفس والعين.

[57] Alberta Water. (2016). Introduction to green infrastructure and grey infrastructure. Available at: https://albertawater.com/green-vs-grey-infrastructure/ (Accessed on June 2, 2020).

- زيادة فرص التعليم: حيث توفر البنية التحتية الخضراء فرصة جيدة لتنمية وعي المجتمع ومعرفته بقيمة إعادة تدوير المياه، كما أن المشاركة المجتمعية في زراعة الأشجار تعد فرصة تعليمية قيمة للسكان ليصبحوا أكثر اطلاعاً على فوائد البنية التحتية الخضراء.



شكل ١٤: فوائد البنية التحتية الخضراء وتطبيقاتها (معدل من الباحث) [٥٨]

٥.٣.١ تطبيقات البنية التحتية الخضراء

البنية التحتية الخضراء تتنوع في مشروعاتها واستخداماتها طبقاً للمفاهيم والأهداف من هذه المشروعات، وطبقاً لظروف وطبيعة المدينة مناخياً وبيئياً وعمرانياً، وأمثلة على هذه التطبيقات ما يأتي:

[58] CNT. (2011). The Value of Green Infrastructure: A Guide to Recognizing Its Economic, Environmental and Social Benefits. Chicago, USA. Center for Neighborhood Technology. Available at: https://cnt.org/sites/default/files/publications/CNT_Value-of-Green-Infrastructure.pdf (Accessed on October 18, 2021).

١.٥.٣.١ الحدائق المطيرة (Rain Gardens)

حديقة المطر هي حديقة من الشجيرات الصغيرة والنباتات المعمرة والزهور المزروعة في منخفض صغير، تكون بشكل عام موجودة على منحدر طبيعي، وهي مصممة للاحتفاظ بكميات كبيرة من ماء المطر الذي ينحدر إليها من الأسطح والممرات والأفنية.

حديقة المطر ليست حديقة مائية كما أنها ليست بركة أو أرض رطبة. على العكس، حديقة المطر تكون جافة معظم الوقت وعادةً ما تحتفظ بالمياه فقط أثناء وبعد هطول الأمطار لأن المياه المخزونة فيها سوف تستنزف في غضون ١٢–٤٨ ساعة. حدائق المطر فعالة في إزالة ما يصل إلى ٨٠ ٪ من الرواسب الناتجة من جريان مياه الأمطار مقارنةً بالعشب التقليدي، وهي بالتالي تمنع تكاثر البعوض[٥٩].

شكل ١٥: الحدائق المطيرة[٦٠]

الفوائد:

- امتصاص مياه الأمطار والسماح لها بالتسلل داخل التربة.
- تصفية الملوثات وإزالة الترسبات والحطام الناتجة عن جريان مياه الأمطار.

[59] Groundwater Foundation. (2022). All about rain gardens. Retrieved from groundwater.org, available at: https://groundwater.org/rain-gardens/ (Accessed on August 7, 2022).

[60] County, H. (2019). Five Steps for Creating a Rain Garden. Available at: https://www.hillsboroughcounty.org/en/newsroom/2018/04/10/a-rain-garden-is-an-attractive-way-to-improve-water-quality (Accessed on August 7, 2022).

- تمثل حلاً طبيعياً ومستداماً للفيضانات وتقلل أضرارها على المناظر الطبيعية.

شكل ١٦: مثال للحدائق المطيرة[٦١]

٢.٥.٣.١ صناديق النباتات (Planter Boxes)

هي بمثابة حدائق مطرية صغيرة المساحة ذات جدران عمودية بقيعان مفتوحة أو مغلقة، تجمع وتمتص مياه الأمطار الجارية من الأرصفة ومواقف السيارات والشوارع، وهي مثالية للمواقع المحدودة المساحة في المناطق الحضرية الكثيفة.

الفوائد:

- إنتاج الأكسجين وتقليل انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون.
- تقليل درجة الحرارة المحيطة وتقليل حرارة المباني.
- التقاط واستيعاب جزء من مياه الأمطار وتقليل مياه العواصف.

شكل ١٧: مثال لصناديق النباتات في مدينة فيلادلفيا[٦٢]

[61] Rain Garden Alliance. (2022). What is a Rain Garden? Available at: http://raingardenalliance.org/what (Accessed on August 7, 2022).

[62] Philly Water Sheds. (2020). Stormwater Planter. Available at: http://archive.phillywatersheds.org/what_were_doing/green_infrastructure/tools/stormwater-planter (Accessed on July 13, 2021).

٣.٥.٣.١ حدائق الأسطح أو الأسقف الخضراء (Green Roofs/Roof Gardens)

الوصف: السقف الأخضر (المعروف أيضًا باسم السقف البيئي أو السقف النباتي) هو سقف مغطى جزئيًا أو كليًا بالنباتات والتربة ومزروع فوق غشاء عازل للماء. تستخدم الأسطح الخضراء على نطاق واسع لإدارة مياه الأمطار وتوفير الطاقة، بالإضافة إلى فوائدها الجمالية كما أنها تتطلب القليل من الصيانة وتهدف إلى نقل الحديقة من مستوى الأرض إلى مستويات أعلى فوق المباني نفسها.

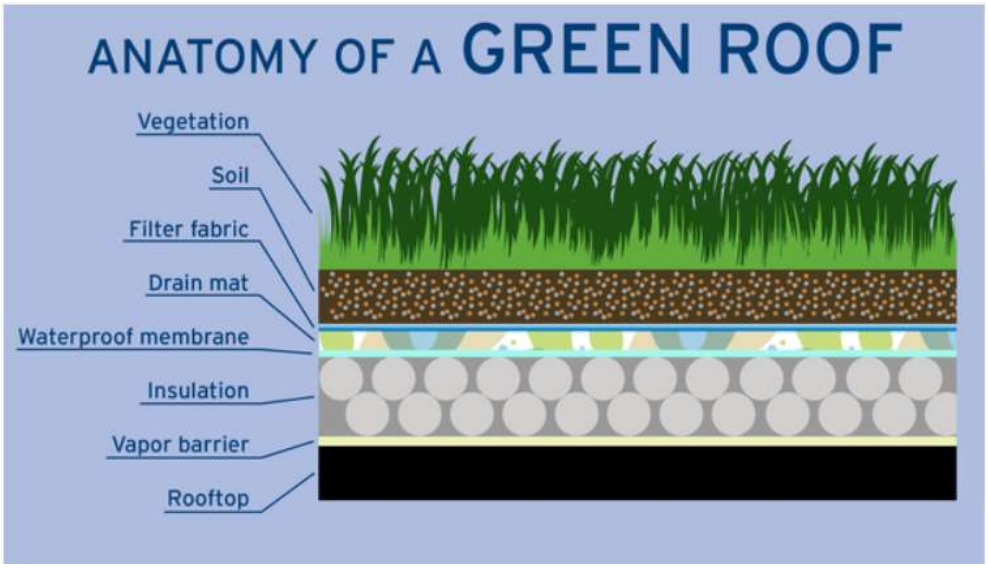
شكل ١٨: مثال لسطح أخضر بمدرسة Sidwell Friends في واشنطن[٦٣]

طبقات السطح الأخضر:

يتكون السطح الأخضر من ركيزة أساسية، وطبقة تصريف، وطبقة عزل، وطبقة للاحتفاظ بالرطوبة، وطبقة الخزان، والنسيج المرشح، ووسيط لنمو النباتات قائم على التربة ومصمم هندسيًا مع غرسات. ويجب أن يكون غشاء العزل المائي مرتبطًا تمامًا بالركيزة السفلية، وأن يكون غير ملحوم بغطاء[٦٤].

[63] ASLA. (2017). Sustainable Landscapes: Designing Our Future. Chicago, USA. Amercian Society for Landscape Architects. Available at: https://www.asla.org/sustainablelandscapes/sidwell.html (Accessed July 1, 2020).

[64] Pevzner, A. (2013). Living Architecture Green Roofs for Public Buildings; A Strategy for Smarter Roofing Decisions. Available at: https://sftool.gov/Content/attachments/Living_Architecture_Green_Roofs_for_Public_Buildings.pdf (Accessed on May 5, 2021).



شكل ١٩: شكل طبقات الأرض في السطح الأخضر[٦٥]

تصنيف السطح الأخضر:

أ. حديقة السطح المكثفة (Intensive Green Roofs)

تتميز الأسطح الخضراء المكثفة بوزن أكبر وتكاليف أعلى ومتطلبات صيانة أكبر. تتم زراعة النباتات وصيانتها بطرق مشابهة للحدائق على مستوى الأرض، حيث تختلف أعماق التربة وفقًا لمتطلبات النبات، وتتراوح من عمق ٢٠ سم كحد أدنى للمروج إلى عمق يصل إلى ٢٠٠ سم لزراعة الأشجار، ويتراوح وزنها من ٨٠ إلى ١٥٠ كجم / م٢. يكون النبات المستخدم في هذه الحدائق أكثر تنوعًا بما في ذلك الأشجار والشجيرات، وتكون متطلبات الصيانة والري أكثر احتياجاً واستمرارية من السقف الأخضر الواسع. تتميز الأسطح الخضراء المكثفة باستخدامها كحديقة بنفس الطريقة التي يستخدم بها الناس الحدائق السطحية على مستوى الأرض[٦٦].

---

[65] Stater, D. (2008). Green Roofs: Sustainability from The Top Down. New York City, USA. Rockefeller Center, p. 20. Available at: https://humanecology.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnsk161/files/inline-files/DStater.pdf (Accessed on August 20, 2021).

[66] Townshend, D. & Duggie, A. (2007). Study on Green Roof Application in Hong Kong, Final Report. Hong Kong Government. Architectural Services Department. Urbis Limited, pp:9-19. Available at https://www.researchgate.net/publication/258332717_Study_on_Green_Roof_Application_in_Hong_Kong (Accessed on June 2, 2021).

شكل ٢٠: مثال لحديقة سطح مكثفة[٦٧]

ب. حديقة السطح شبه المكثفة ((Semi-Intensive Green Roofs

تقتصر الزراعة في هذه الفئة من الأسطح الخضراء على الشجيرات الصغيرة والنباتات المعمرة والأعشاب. في هذه الحالة لن تكون طبقة الركيزة عميقة بما يكفي للحفاظ على الأشجار، ولكن هذا يجعلها تقنياً أخف وزنًا ويتراوح ارتفاعها بين ١٢ سم إلى ٢٥ سم، ويتراوح الوزن من ١٢٠ إلى ٢٠٠ كجم/م٢. وهكذا يعتبر السقف الأخضر المكثف البسيط (أو شبه المكثف) خيارًا أقل تكلفة من النوع السابق مثل مشروع مركز مؤتمرات بالتيمور[٦٨].

[67] Townshend, D. & Duggie, A. (2007). Study on Green Roof Application in Hong Kong, Final Report. Hong Kong Government. Architectural Services Department. Urbis Limited, pp:9-19. Available at https://www.researchgate.net/publication/258332717_Study_on_Green_Roof_Application_in_Hong_Kong (Accessed on June 2, 2021).

[68] Lennep, E &.Finn, S. (2008). Green Roof Policy Guidance Paper for Dublin Draft Guidelines. Tepui, Dublin. Available at: https://www.academia.edu/5036428/Green_Roofs_Over_Dublin_A_GREEN_ROOF_POLICY_GUIDANCE_PAPER_FOR_DUBLIN_Draft_guidelines_for_DCC_to_develop_planning_directives_for_the_incorporation_of_Green_Roofs_in_new_development (Accessed on January 11, 2022).

شكل ٢١: مثال لحديقة سطح شبه مكثفة[٦٩]

ج. حديقة السطح الممتدة (Extensive Green Roofs)

تتميز الأسطح الخضراء الواسعة أو الممتدة بوزنها الخفيف وتكلفتها المنخفضة وصيانتها المحدودة، ويتراوح عمقها بين ٥ سم و١٥ سم بسبب ضحالة التربة، ويتراوح فيها الوزن من ٨٠ إلى ١٥٠ كجم/م٢ حيث تكون النباتات المختارة منخفضة الارتفاع وقليلة الحجم.

شكل ٢٢: صورة لإحدى حدائق السطح الممتدة[٧٠]

---

[69] Baldwin, E. (2018). An Architect's Guide to Green Roofs. New York City, USA. Architizer Journal. Available at: https://architizer.com/blog/product-guides/product-guide/green-roofs/ (Accessed on March 15, 2019).

[70] Townshend, D. & Duggie, A. (2007). Study on Green Roof Application in Hong Kong, Final Report. Hong Kong Government. Architectural Services Department. Urbis Limited, pp:9-19. Available at

د. حدائق السطح المثمرة (Vegetate Roofs)

هي تشير إلى زارعة الخضر والفاكهة فوق الأسطح، مما يساهم في حل مشكلة نقص المساحات الخضراء بالإضافة إلى تعزيز إنتاج الغذاء الأخضر.

ومع وجود اهتمام متزايد بالزارعة الحضرية قد يكون ذلك حلاً إيجابياً و فعالاً –في حال تعميمه علي أسطح المباني الخاصة والعامة– يقدم فوائد بيئية واقتصادية عديدة[٧١].

شكل ٢٣: مثال لحديقة سطح مثمرة[٧٢]

فوائد الأسطح الخضراء بمختلف أنواعها:

- تحسين جودة الهواء
- زيادة التنوع البيولوجي
- إعادة تدوير النفايات العضوية واستخدامها كسماد
- تخفيف تأثير الجزيرة الحرارية
- الحفاظ على الطاقة
- الزيادة في قيمة المبنى

---

https://www.researchgate.net/publication/258332717_Study_on_Green_Roof_Application_in_Hong_Kong (Accessed on June 2, 2021).

[71] McIntosh, A. (2010). Green Roofs in Seattle, a survey of vegetated roofs and rooftop gardens. Washington DC, The University of Washington. Available at: https://www.seattle.gov/Documents/Departments/OSE/Green-Roofs-In-Seattle.pdf (Accessed on Jan. 22, 2022).

[72] McIntosh, A. (2010). Green Roofs in Seattle, a survey of vegetated roofs and rooftop gardens. Washington DC, The University of Washington. Available at: https://www.seattle.gov/Documents/Departments/OSE/Green-Roofs-In-Seattle.pdf (Accessed on Jan. 22, 2022).

- زارعة الأسطح تحمي الطبقة الخارجية للسطح من أشعة الشمس الضارة وبالتالي زيادة العمر الافتراضي للسقف
- توفير فرص للتفاعل الاجتماعي بين الجيران والمشاركة المجتمعية

٤.٥.٣.١ الشوارع الخضراء (Green Streets/Street Trees)

يُعد الشارع الأخضر أسلوبًا سهلاً ومعتاداً لإدارة مياه الأمطار والعواصف، والذى يشتمل على الغطاء النباتي (مثل النباتات المعمرة والشجيرات والأشجار) وكذلك التربة والأنظمة الهندسية (مثل الأرصفة القابلة للنفاذ) لإبطاء وتصفية وتنظيف مياه الأمطار من أسطح الشوارع والأرصفة وتوفير العديد من الخدمات التي لها آثار بيئية واقتصادية واجتماعية.

في منطقة خليج سان فرانسيسكو قُدّر إجمالي الفوائد السنوية للمنطقة بـ ٥.١ مليار دولار مع تعزيز قيمة العقارات في المنطقة بنسبة ٩١٪ من إجمالي الفوائد، تليها فوائد توفير الطاقة (الكهرباء والغاز الطبيعي) بنسبة ٦٪، والتحكم في العواصف الجارية بنسبة ٢٪ أخرى[٧٣].

شكل ٢٤: شارع أخضر في مدينة سان فرانسيسكو[٧٤]

الفوائد:

- انخفاض تكاليف البنية التحتية (مثل أنابيب الصرف الصحي)

---

[73] Simpson, J.R. & McPherson, E.G. (2007). San Francisco Bay Area State of the Urban Forest: Final Report. Davis, USA. Center for Urban Forest Research, USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station, pp:10-15. Available At: https://www.fs.usda.gov/psw/topics/urban_forestry/products/2/psw_cufr719_SFBay.pdf (Accessed on May 12, 2021).

[74] Foster J., Lowe A. & Winkelman S. (2011). The Value of Green Infrastructure for Urban Climate Adaptation. Washington, DC. The Center for Clean Air Policy (CCAP), p. 51. Available at: https://wrrc.arizona.edu/sites/wrrc.arizona.edu/files/Green_Infrastructure.pdf (Accessed on June 12, 2021).

- انخفاض تكاليف الطاقة من مصادر الطاقة المتجددة (مثل الطاقة الشمسية)
- زيادة المساحة الخضراء يمثل عاملاً جمالياً وترفيهياً للأشخاص
- المساعدة على خفض درجات الحرارة بشكل ملحوظ

٥.٥.٣.١ الأرصفة التي تسمح بنفاذية المياه (Permeable Pavements/Paving)

الأرصفة القابلة للنفاذ هي أحجار وألواح رصيف موضوعة في نظام شبكي بأحجام مختلفة من التباعد بين الأحجار، وغالبًا ما تكون مملوءة بمواد أخرى عالية النفاذية مثل الحصى أو الرمل أو العشب. يمكن صنع حجر الرصيف الفعلي من مواد مختلفة مثل الخرسانة أو الحجر الطبيعي أو الطوب. يتكون النظام من طبقتين أساسيتين: الأولى تتكون من رواسب أدق تعمل كمرشح أولي، وتتكون الثانية من حصى مثل الحصى الذي ينقل المياه ويخزنها ويدعم النظام هيكليًا أيضًا. يمكن أيضًا جمع المياه المتسربة بأنابيب الصرف المثقبة، والتي يتم تثبيتها تحت الرصيف المسامي والطبقة الأساسية وتؤدي إلى تكوين مستنقع أخضر طبيعي بجانب الرصيف[٧٥]. بالتالي الرصيف القابل للنفاذ هو وسيلة لرصف المياه من مسارات المركبات والمشاة وتمكين تسلل مياه الأمطار داخل مسامات الأرصفة. تشتمل أسطح الأرصفة القابلة للنفاذ عادةً على الأسفلت المسامي وحجارة الرصف والأرضيات المتشابكة.

يمكن استخدام خامات مثل الأسفلت المسامي والخرسانة في مواقف السيارات والطرق السكنية والممرات، ومع اعتبارات التسرب السريع للمياه من خلال هذه المواد يجب مراعاة جودة المياه الجوفية باستمرار.

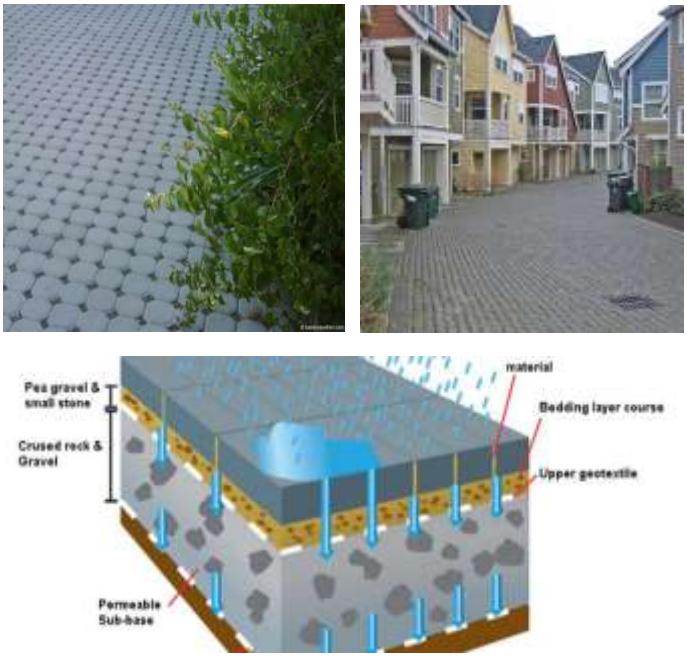
يجب أن تخضع هذه الأرصفة للفحص والصيانة الدورية من أجل التشغيل الفعال للنظام بأكمله خاصة بعد هطول الأمطار الغزيرة، ويجب فحصها لتقصي الانسداد والقمامة.

يمكن استخدام خراطيم الضغط العالي والكنس الفراغي ثلاث إلى أربع مرات في السنة للصيانة، واعتمادًا على نوع الرصيف والصيانة المطلوبة، يمكن أن تتراوح التكاليف التقديرية للرصيف النفاذ من ٣٠ إلى ١٥٠ دولارًا أمريكيًا لكل متر مربع (في الولايات المتحدة الأمريكية).[٧٦]

---

[75] Hussein, M. (2018). Sustainable Regeneration Of Urban Green Areasin Egypt's Desert Cities adopting Green Infrastructure Strategies In New Borg El-Arab City. HafenCity University, Hamburg, Germany. Available at: https://www.researchgate.net/publication/346603106_Sustainable_Regeneration_of_Urban_Green_Areas_in_Egypt's_Desert_Cities. (Accessed on July 15, 2019)

[76] Foster J., Lowe A. & Winkelman S. (2011). The Value of Green Infrastructure for Urban Climate Adaptation. Washington, DC. The Center for Clean Air Policy (CCAP), p. 51. Available at: https://wrrc.arizona.edu/sites/wrrc.arizona.edu/files/Green_Infrastructure.pdf (Accessed on June 12, 2021).



شكل ٢٥: أمثلة للرصيف النفاذ مع شرح طريقة التنفيذ[٧٧]

الفوائد:

- تعمل الأرصفة القابلة للنفاذ على تحسين جودة المياه والتقليل من مخاطر تلوث المياه الجوفية[٧٨].
- تساعد الأرصفة القابلة للنفاذ على تقليل حجم الجريان السطحي بنسبة ٧٠-٩٠ ٪ [٧٩] عن طريق محاصرة الأمطار ببطء في الأرض.
- انخفاض الحاجة إلى تطبيق الملح على الطريق لإزالة الجليد في فصل الشتاء.
- تقلل الأرصفة النفاذة من تراكم بعض الملوثات الموجودة في مياه الأمطار (عن طريق احتجازها في الرصيف أو التربة).

---

[77] Foster J., Lowe A. & Winkelman S. (2011). The Value of Green Infrastructure for Urban Climate Adaptation. Washington, DC. The Center for Clean Air Policy (CCAP), p. 51. Available at: https://wrrc.arizona.edu/sites/wrrc.arizona.edu/files/Green_Infrastructure.pdf (Accessed on June 12, 2021).

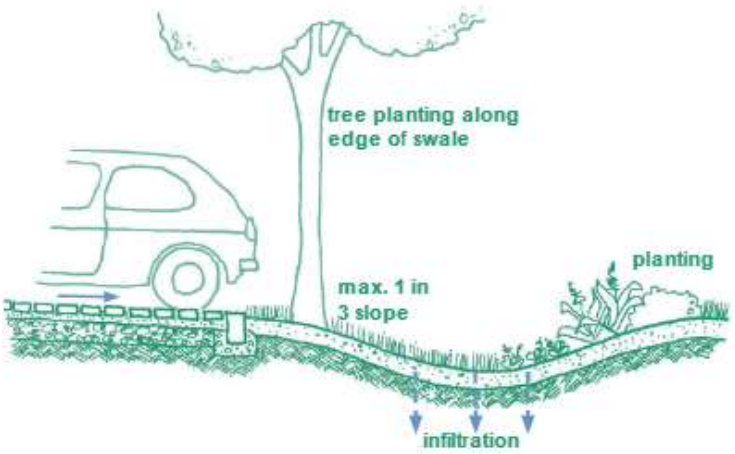
[78] CRWA. (2008). Permeable Pavement: Charles River Watershed Association Low Impact Management Practice (BMP) Information Sheet. Available at: https://www.crwa.org/uploads/1/2/6/7/126781580/crwa_permeable_pavement.pdf (Accessed on August 23, 2021).

[79] Foster J., Lowe A. & Winkelman S. (2011). The Value of Green Infrastructure for Urban Climate Adaptation. Washington, DC. The Center for Clean Air Policy (CCAP), p. 51. Available at: https://wrrc.arizona.edu/sites/wrrc.arizona.edu/files/Green_Infrastructure.pdf (Accessed on June 12, 2021).

٦.٥.٣.١ خنادق التصريف الحيوية (BIOSWALES)

هي خنادق مكونة من غطاء نباتي وقاع مسامي. تتكون الطبقة العليا من تربة معززة بالنباتات وأسفل هذه الطبقة توجد طبقة من كريات الحصى أو الطين المملوءة بالتكسية الأرضية. تحتوي هذه المواد على مساحات فارغة كبيرة، مما يسمح لمياه الأمطار بالتصريف.

يتم تطبيق Bioswales بشكل شائع على طول الشوارع وحول مواقف السيارات[٨٠].



شكل ٢٦: طريقة عمل خنادق التصريف الحيوية [٨١]

الفوائد:

- تستخدم لالتقاط ومعالجة مياه الأمطار قبل إطلاقها إلى مستجمعات المياه أو مجاري الأمطار.
- إزالة الملوثات الناتجة من جريان مياه الأمطار حيث يتم التقاط الملوثات بواسطة أوراق وسيقان النباتات ثم تدخل الملوثات إلى التربة حيث تتحلل أو يمكن تفكيكها بواسطة البكتيريا في التربة الصحية.
- وجود الغطاء النباتي يزيد من القيمة الجمالية والترفيهية للمكان.

[80] NACTO. (2013). Bioswales. Retrieved from National Association of City Transportation Officials (NACTO), available at https://nacto.org/publication/urban-street-design-guide/street-design-elements/stormwater-management/bioswales/ (Accessed on May 15, 2020).

[81] Hussein, M. (2018). Sustainable Regeneration of Urban Green Areasin Egypt's Desert Cities adopting Green Infrastructure Strategies In New Borg El-Arab City. HafenCity University, Hamburg, Germany. Available at: https://www.researchgate.net/publication/346603106_Sustainable_Regeneration_of_Urban_Green_Areas_in_Egypt's_Desert_Cities. (Accessed on July 15, 2019).

شكل ٢٧: مثال توضيحي لخندق تصريف[٨٢]

٧.٥.٣.١ فصل تصريف مياه الأمطار المنحدرة من الأسقف (Downspout Disconnection)

هو عملية فصل مجاري التصريف السطحي عن نظام المجاري الأرضي وإعادة توجيه مياه الأمطار المنحدرة من أسطح المباني إلى التربة المسامية كما في الحدائق وبالتالي تقليل الحمل على أنظمة الصرف الصحي القائمة والحفاظ على موارد المياه للمدينة.

شكل ٢٨: صورة لتصريف مياه الأمطار من الأسطح[٨٣]

الفوائد:

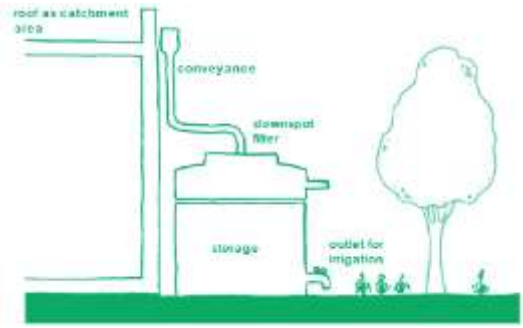
- يقلل من تحميل مياه الأمطار على شبكة المجاري.

[82] Blankenship, R. (2015). What Is A Bio-Swale? Available at Holeman Landscape: http://www.holemanlandscape.com/2015/09/25/what-is-a-bio-swale/. (Accessed on July 13, 2022).

[83] Hagerstown Maryland. (2022). Homeowner Participation; Disconnect your downspout. Availabe at Hagerstownmd.org; https://www.hagerstownmd.org/1221/Homeowner-Participation. (Accessed on July 1, 2022).

- يوفر طريقة تلقائية لري الحدائق وتزويدها بالماء اللازم.
- التخلص من الشوائب والملوثات وتنقيتها في طبقات التربة بدلاً من تراكمها داخل شبكة الصرف.

٨.٥.٣.١ برميل المطر (Rain Barrel/Rainwater Tanks)



هو حاوية تلتقط وتخزن مياه الأمطار التي تنحدر من الأسقف. تتراوح سعة البرميل عادة من ٢٠٠ إلى ٣٥٠ لتراً وله حنفية لملء أوعية الري ووصلة خرطوم عند قاعدة البرميل.

شكل ٢٩: تخطيط لطريقة عمل برميل المطر[٨٤]

الفوائد:

- تقليل الجريان السطحي لمياه الأمطار على الأسقف وبالتالى تقليل التلوث والتآكل الناتج عن المياه الراكدة.
- تعزيز صحة النبات والتربة حيث تعتبر مياه الأمطار أفضل لري المساحات الخضراء لأنها تحتوي على نسبة عالية من الأكسجين وخالية من الأملاح والفلورايد والأيونات غير العضوية.
- الحفاظ على المياه, حيث أنه عند تخزين مياه الأمطار في برميل المطر سيكون لدينا مصدر جديد للمياه ينتفع به في أوقات الجفاف أو قيود الري, كما يمكن أن يستخدم في أغراض أخرى مثل غسيل السيارات.

شكل ٣٠: أمثلة لبرميل المطر[٨٥]

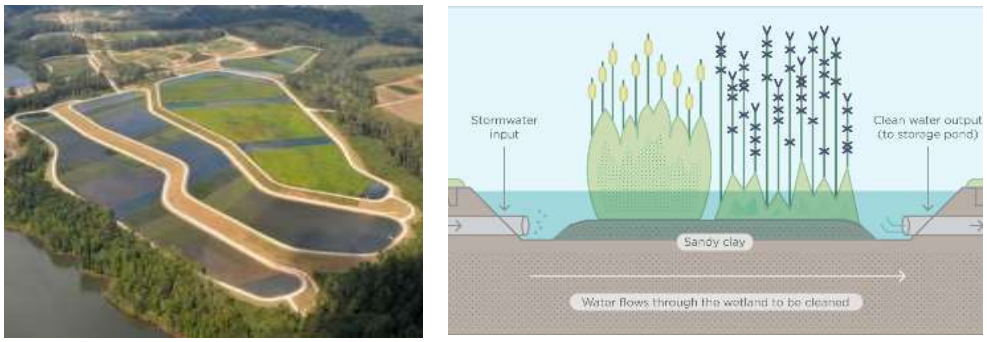
---

[84] Hussein, M. (2018). Sustainable Regeneration of Urban Green Areasin Egypt's Desert Cities adopting Green Infrastructure Strategies in New Borg El-Arab City. HafenCity University, Hamburg, Germany. Available at: https://www.researchgate.net/publication/346603106_Sustainable_Regeneration_of_Urban_Green_Areas_in_Egypt's_Desert_Cities. (Accessed on July 15, 2019).

[85] Hagerstown Maryland. (2022). Homeowner Participation; Harvest your rainwater. Availabe at Hagerstownmd.org; https://www.hagerstownmd.org/1221/Homeowner-Participation. (Accessed on July 1, 2022).

٩.٥.٣.١ الأراضي الرطبة المشيدة (Constructed Wetland)

تعتبر من أهم تطبيقات البنية التحتية الخضراء ويتم تصميمها لإزالة الكثير من مكونات المياه العادمة مثل المواد الصلبة العالقة والمواد العضوية (مثل النيتروجين والفوسفور). وتتلخص التقنية في إمرار المياه الملوثة بأحواض ترسيب معظمها من الرمل أو الحصى، تليها خلايا نباتية تقوم فيها النباتات المائية (كالبوص) وما تحمله من بكتيريا نافعة بامتصاص وهضم الملوثات بأنواعها وتنقية المياه للحدود المسموحة بها قانوناً، وأسلوب المعالجة هذا منخفض التكاليف للإنشاء والتشغيل والصيانة وعالي الكفاءة مقارنة بكل طرق المعالجة التقليدية.



شكل ٣١: الأراضي الرطبة المشيدة[٨٦]

تشتمل الأراضي الرطبة المُنشأة على نوعين من الأنظمة:

- سطح الماء الحر (("Free water Surface wetland" FWS) الذي يحاكي مظهر ووظيفة الأراضي الرطبة الطبيعية، وهو سهل التشغيل والصيانة.
- والنوع الآخر هو الطبقة المغمورة النباتية ("Subsurface flow wetland" SSF) وتتكون من طبقات رملية أو حصوية مزروعة بالنباتات يظل فيها مستوى الماء تحت سطح الركيزة[٨٧].

[86] Urban Water. (2022). Constructed wetlands are assets with many benefits. City of Melbourne Urban Water. Available at Vic.gov.au: https://urbanwater.melbourne.vic.gov.au/industry/treatment-types/constructed-wetlands/ (Accessed on July 1, 2022).

[87] Hussein, M. (2018). Sustainable Regeneration of Urban Green Areasin Egypt's Desert Cities adopting Green Infrastructure Strategies in New Borg El-Arab City. Hamburg. Thesis for Master of Science, HafenCity University, Germany. Available at: https://www.researchgate.net/publication/346603106_Sustainable_Regeneration_of_Urban_Green_Areas_in_Egypt's_Desert_Cities. (Accessed on July 15, 2019).

الفوائد:

- تعمل الأراضي الرطبة المشيدة على معالجة المياه العادمة بفعالية وبتكاليف تشغيل وصيانة أقل.
- توفر موطنًا لمجموعة واسعة من الحيوانات المحلية، وحتى الأراضي الرطبة الصغيرة يمكن أن تصبح مواقع مهمة لتعشيش الطيور.
- تتمتع الأراضي الرطبة بمظهر جمالي، وغالبًا ما تكون موجودة لتحقيق أقصى قدر من القيمة الطبيعية للمكان.

٦.٣.١ التحول من البنية التحتية الرمادية للخضراء

(From Grey to Green Infrastructure)

تشير البنية التحتية الخضراء إلى المشروعات التي تعتمد على الطبيعة لتحقيق النتائج المرجوة، وتشير البنية التحتية الرمادية إلى أساليب أكثر تقليدية بما في ذلك بناء المزيد من مرافق معالجة مياه الصرف الصحي للتعامل مع الزيادات في الجريان السطحي، وهي تشمل الأنابيب والمضخات والخنادق وبرك الاحتجاز التي صممها الناس لإدارة المياه. تتطلب هذه الأنظمة تقنيات هندسية، وصيانة مستمرة وبالتالي فهي أكثر تكلفة بالإضافة إلى آثارها السلبية على البيئة[٨٨].

شكل ٣٢: تصوير قبل وبعد للطرق التي تؤدي بها البنية التحتية الخضراء[٨٩]

[88] Foster J., Lowe A. & Winkelman S. (2011). The Value of Green Infrastructure for Urban Climate Adaptation. Washington, DC. The Center for Clean Air Policy (CCAP), p. 51. Available at: https://wrrc.arizona.edu/sites/wrrc.arizona.edu/files/Green_Infrastructure.pdf (Accessed on June 12, 2021).

[89] Distasio, C. (2015). New initiative explores how green roofs can bring jobs and environmental benefits to Harlem. Retrieved from Inhabitat.com, available at https://inhabitat.com/new-initiative-explores-how-green-roofs-can-bring-jobs-and-environmental-benefits-to-harlem/ (Accessed on July 2, 2021).

٤.١ الخلاصة

تم استعراض تعريف البنية التحتية الرمادية من زوايا مختلفة وأهميتها، وتصنيفها، وأهم قطاعتها، ومشاكلها.

البنية التحتية الرمادية هي مجموعة الشبكات التي تمثل الخدمات القائمة في المدينة من شبكة طرق وأنظمة الاتصالات والكهرباء وشبكة المياه والصرف الصحي، كل هذا يُسمى "بنية تحتية رمادية".

تعاني البنية التحتية في مصر من انهيار كبير في كل النواحي، حيث تعاني من شح شديد في المياه بسبب توزيع المياه غير المتكافئ، وتلوث المياه، والإهدار في استخدامها، وارتفاع معدلات النمو السكاني.

التطرق إلى تعريف البنية التحتية الخضراء من أوجه عدة وأهم فوائدها وتطبيقاتها وتم التركيز على تقنية الأراضي الرطبة المشيدة.

البنية التحتية الخضراء هي بنية تحتية، ولكن ليست تحت الأرض، وهي تكامل مجموعة من العناصر الخضراء وغير الخضراء التي تحقق مجموعة من الوظائف تسمى وظائف خضراء مثل الحدائق والمساحات الخضراء في الشوارع والأسطح الخضراء والجدران الخضراء وحصاد مياه الأمطار، فكل ما يمثل قيمة للبيئة مع تكامل للنظام الأيكولوجي للمدينة يُسمى "بنية تحتية خضراء", وهي تعتبر إحدى الطرق لتحقيق الاستدامة في المدن.

البنية التحتية الخضراء أحد المحركات الاقتصادية والبيئية الرئيسية في المدن الجديدة.

يمكن تطبيق التحول من البنية التحتية الرمادية إلى البنية التحتية الخضراء في مراحل مختلفة من المدينة، من خلال إعادة استخدام مجموعة من عناصر البنية التحتية المتواجدة وربطها بشبكة من المساحات الخضراء سواء على مستوى المبنى، أو الشارع، أو المجاورة، أو الحي، أو المدينة، بحيث تقدم خدمات بيئية وتضيف وظائف للنظام البيئي.

الفصل الثاني

٢ الاستدامة والحدائق المستدامة ومعايير قياسها

١.٢ الاستدامة

١.١.٢ مفاهيم الاستدامة

إن أصل كلمة استدامة (Sustainability) يعود لأصول لاتينية من مصطلح يقابل بالإنجليزية كلمة To Hold Up أي الدعم والإسناد من الأسفل، فالمجتمع يُشيد من الأسفل عن طريق ساكنيه في الوقت الحالي وفي المستقبل حسب هذا المفهوم[٩٠].

وتُعرّف الاستدامة على أنها الاستغلال الأمثل للموارد والإمكانيات المتاحة سواء كانت طبيعية أو مادية أو بشرية بشكل فعال ومتوازن بيئياً وعمرانياً لضمان الاستمرارية للإنسانية، وإنجاز الاستدامة البيئية والاجتماعية والاقتصادية بهذا الشكل يعمل على تعزيز الحياة بالطريقة التي تسمح للآخرين بسد احتياجاتهم في الحاضر والمستقبل[٩١].

لقد تمت الإشارة إلى مفهوم الاستدامة في المؤتمر العالمي للتنمية والبيئة عام ١٩٨٧,حين تم صياغة مفهوم الاستدامة على أنها سد حاجات الناس في الحاضر دون التأثير على الأجيال القادمة لسد احتياجاتهم في المستقبل. وخلال المؤتمر تم الموافقة على بعض التعاريف الخاصة بالاستدامة مثل أنها تمثل الحفاظ على الأنظمة الإيكولوجية والاقتصادية والاجتماعية المُشَكِّلة للبيئة الحضرية، وهي عملية تتضمن التعامل مع الموارد بصورة متناغمة ومتوافقة مع الاحتياجات الحالية والمستقبلية للإنسانية[٩٢]. ويمكن القول أيضاً أن الاستدامة هي التنمية التي تحقق جودة نوعية الحياة البشرية في إطار مراعاة درجة تحمل النظم البيئية.

---

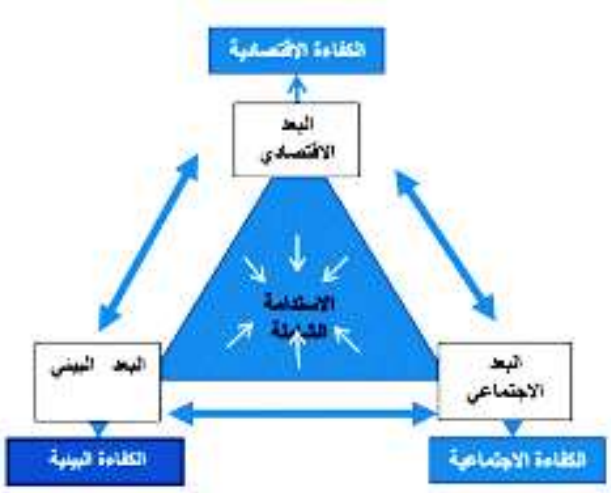
[٩٠] كريم, خولة. محى، ميسون. (٢٠١٤). الاستدامة في العمارة: بحث في دور استراتيجيات التصميم المستدام في تقليل التأثيرات على البيئة العمرانية. القاهرة: مؤتمر الأزهر الهندسي الدولي الثالث عشر، Code: A 19، Vol. 9, No. 6.

[٩١] كريم, خولة. محى, ميسون. (٢٠١٤). الاستدامة في العمارة: بحث في دور استراتيجيات التصميم المستدام في تقليل التأثيرات على البيئة العمرانية. القاهرة: مؤتمر الأزهر الهندسي الدولي الثالث عشر، Code: A 19، Vol. 9, No. 6.

[٩٢] قنبر, أسامة عبد النبي. (٢٠٠٥). استدامة المناطق السكنية بالمجتمعات الحضرية الجديدة بإقليم القاهرة الكبرى. القاهرة: رسالة دكتوراه، غير منشورة، قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة, جامعة الأزهر، ص٥.

٢.١.٢ أبعاد الاستدامة

تتضمن الاستدامة أبعاداً متعددة ومتداخلة يجب التركيز عليها ومعالجتها إذا أردنا إحراز تقدم ملموس في تحقيق أهداف الاستدامة، وهي تضم الثلاثة أبعاد البيئية والاجتماعية والاقتصادية، وهذه الأبعاد تحتاج إلى حالة توازن فيما بينها, فلا هيمنة لبُعد على آخر[٩٣].



شكل ٣٣: أبعاد الاستدامة

١.٢.١.٢ البعد الاقتصادي:

ويعني فتح أسواق وفرص جديدة أمام نمو المبيعات، وتقليل التكلفة من خلال تحسين كفاءة الإنتاج وتقليل الاستهلاك للطاقة والمواد الخام، مع البحث في إيجاد قيم تجارية مضافة لاستمرار النمو الاقتصادي.

٢.٢.١.٢ البعد البيئي:

ويعني تقليل الانبعاثات الضارة إلى البيئة، وتقليل المؤثرات السلبية على صحة الإنسان، مع الاتجاه إلى المواد الخام المتجددة، والتخلص من المواد السامة التي تضر أي شكل من أشكال الحياة في البيئة.

٣.٢.١.٢ البعد الاجتماعي:

ويعني توفير سُبل الصحة والتعليم والأمان داخل نطاق المعيشة والعمل، ودراسة التأثيرات على المجتمعات المحلية وجودة الحياة داخلها، والاهتمام بالأقليات وذوي الاحتياجات الخاصة ومن لا مأوى لهم.

---

[٩٣] حمزة، عباس. عباس، قيس. (٢٠١٦). استراتيجية محاكاة الطُرُز المعمارية التراثية لتحقيق الاستدامة البيئية: طراز الفناء الوسطي نموذجاً. بغداد، المجلة العراقية للهندسة المعمارية، العدد ١, ص ص: ١-١٣.

٣.١.٢ ركائز الاستدامة

ركائز الاستدامة هي مجموعة من العناصر الأساسية اللازمة للتنمية المستدامة وتشمل المياه، الطاقة، المواد المستخدمة، المجتمع والبيئة. يؤدي الترابط بين هذه العناصر إلى رفع عائد الاستدامة إلى أقصى حد, ويختلف هذا العائد حين تختلف الاستراتيجيات وطرق التطبيق اعتمادًا على هدف الاستدامة المختار ونطاق التطبيق[٩٤].

تعتبر ركائز الاستدامة إطارَ عملٍ مفيداً للتطبيق على معظم المشاريع أثناء مرحلة التصميم، بغض النظر عن الحجم أو النطاق أو أولوية التصميم، ولكن يتم اعتمادها والرجوع إليها بشكل متكرر في المشاريع التي تتطلب مستوى عميقًا من الاستغلال المستدام للتصميم.

الركائز	استراتيجيات الاستدامة
المياه	معالجة وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي، إعادة استخدام مياه الأمطار، توازن المياه.
المواد المستخدمة	المواد المحلية، مواد التشغيل غير السامة، إعادة التدوير/إعادة الاستخدام، تقليل النفايات.
الإيكولوجيا	التنوع البيولوجي للنباتات والحيوانات، حفظ التربة، الممرات البيئية، استعادة مستجمعات المياه.
التواصل الاجتماعي	الصحة العامة، التعليم، القيمة الجمالية، التنويع الاقتصادي
الطاقة	أنظمة الطاقة المتجددة، قاعدة الكربون

شكل ٣٤: الركائز الخمس للاستدامة[٩٥]

٢.٢ التنمية المستدامة

إن التنمية المستدامة بمعناها الشامل هي التنمية التي تهتم ببيئة الإنسان، حيث إن الاستدامة لا يمكن أن تتحقق بدون خطط تنموية واستراتيجيات تمكنها من تحقيق مبادئها الأساسية[٩٦].

---

[94] Sarte, S. B. (2010) . Sustainable Infrastructure: The Guide to Green Engineering and Design. New Jersy, USA. John Wiley & Sons, Inc. p. 28. Available at: https://www.wiley.com/en-us/Sustainable+Infrastructure:+The+Guide+to+Green+Engineering+and+Design-p-9780470453612 (Accessed on Jan. 10, 2022).

[95] Sarte, S. B. (2010). Sustainable Infrastructure: The Guide to Green Engineering and Design. New Jersy, USA. John Wiley & Sons, Inc. p. 28. Available at: https://www.wiley.com/en-us/Sustainable+Infrastructure:+The+Guide+to+Green+Engineering+and+Design-p-9780470453612 (Accessed on Jan. 10, 2022).

[٩٦] السلق، غادة. الصفار، ميثم. (٢٠١٤). التنمية المستدامة في مركز الكرخ التاريخي. بغداد. بحث منشور بمجلة كلية الهندسة، جامعة بغداد. المجلد ٢٠, العدد ١١, ص ص: ١-٢٨.

١.٢.٢ أهداف التنمية المستدامة[٩٧]

تعمل فكرة التنمية المستدامة على تحقيق مجموعة من الأهداف، بحيث تسعى إلى توجيه السياسات التنموية المستقبلية الفاعلة. اعتمدت الجمعية العامة للأمم المتحدة خطة التنمية المستدامة لعام ٢٠٣٠ في عام ٢٠١٥، حيث حددت ١٧ هدفًا من أهداف التنمية المستدامة، تكون طويلة الأجل وتوازن بين جميع ركائز الاستدامة بشكل متماسك[٩٨]. ومن هذه الأهداف[٩٩] ذات الصلة بموضوع الرسالة:

الهدف ٦: ضمان توافر المياه وخدمات الصرف الصحي وإدارتها بشكل مستدام للجميع، من خلال:

٦.٣: تحسين جودة المياه، والحد من المياه غير المعالجة، وإعادة الاستخدام الآمن، وإعادة تدوير مياه الصرف الصحي.

٦.٤: فيما يتعلق بندرة المياه زيادة كفاءة استهلاك المياه.

٦.٥: فيما يتعلق بالمجتمع المحلي المشاركة في تحسين إدارة المياه والصرف الصحي.

الهدف ٧: ضمان الحصول على طاقة حديثة وموثوقة ومستدامة وبأسعار معقولة، من خلال:

٧.٣: تحسين كفاءة الطاقة.

الهدف ٨: تعزيز النمو الاقتصادي المستدام والمتكامل، من خلال:

٨.٤: تحسين استهلاك الموارد وكفاءة الإنتاج.

الهدف ٩: ضمان البنية التحتية المرنة، والتصنيع المستدام الشامل والابتكار، من خلال:

٩.١: تطوير بنية تحتية مستدامة ومرنة للنمو الاقتصادي ورفاهية الإنسان.

٩.٤: تحسين البنية التحتية، وكفاءة استخدام الموارد، واعتماد تكنولوجيا نظيفة صديقة للبيئة

الهدف ١١: ضمان مدن ومستوطنات شاملة وآمنة ومرنة ومستدامة، من خلال:

---

[97] Estes, R. J. (2009). Toward Sustainable Development: from theory to practice. Pennsylvania, USA. Social Development Issues 15(3). p.p:1-29.

[98] Dickens, C. Dahir, L. (2019). Defining and Quantifying National-Level Targets, Indicators and Benchmarks for Management of Natural Resources to Achieve the Sustainable Development Goals. Sustainability 2019, 11(2), p. 462. Available at: https://doi.org/10.3390/su11020462 (Accessed on September 11, 2021).

[99] UN. (2015). Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. United Nations. Available at: https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf (Accessed on September 10, 2022)

١١.٦: الحد من الآثار البيئية السلبية، لا سيما جودة الهواء وإدارة النفايات.

١١.٧: تمكين الوصول إلى مساحات خضراء ومساحات عامة آمنة ومتكاملة.

الهدف ١٢: ضمان أنماط مستدامة للاستهلاك والإنتاج، من خلال:

١٢.٢: تطوير إدارة مستدامة للموارد الطبيعية.

١٢.٤: إدارة النفايات وتقليل آثارها السلبية على صحة الإنسان والبيئة.

١٢.٥: الحد من توليد النفايات عن طريق تجنب وتقليل إنتاجها، مع إعادة التدوير وإعادة الاستخدام.

الهدف ١٣: اتخاذ إجراءات عاجلة لمكافحة تغيّر المناخ وآثاره، من خلال:

١٣.٢: دمج استراتيجيات إدارة تغير المناخ في التخطيط على مستويات مختلفة.

١٣.٣: آليات للتخطيط الفعال لتغير المناخ وتعزيز الإدارة.

الهدف ١٥: الحفاظ على الاستخدام المستدام للنظم الإيكولوجية الأرضية وتحفيزها، من خلال:

١٥.١: الاستخدام المستدام للنظم الإيكولوجية العالمية والوطنية للمياه العذبة وخدماتها.

١٥.٣: مكافحة التصحر وتعزيز استعادة الأراضي المتدهورة.

١٥.٩: دمج مبادئ النظم الإيكولوجية والتنوع البيولوجي في الاستراتيجيات الوطنية والخطط المحلية.

شكل ٣٥: أهداف التنمية المستدامة[١٠٠]

[100] UNDP. (2021). Sustainable Development Goals in Actions. United Nations Development Program. Available at: https://www.undp.org/arab-states/sustainable-development-goals (Accessed on Sepetember 11, 2022).

٢.٢.٢ مؤشرات التنمية المستدامة

١.٢.٢.٢ تعريفها والغرض منها

مؤشرات التنمية المستدامة هي المؤشرات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية التي تصمم من أجل معرفة كيفية عمل التنمية المستدامة، وعن طريق هذه المؤشرات نتمكن من تحديد وحل المشكلات في حالة وجودها. وتعرف بأنها معايير تقييم لتحقيق التنمية المستدامة في المجتمع، إذ يمكن استخدامها لمراقبة ظروف وميول التنمية في المجتمع، وتحديد مدى التقدم الحاصل، وتقييم تأثير السياسات التنموية، وتحسين المشاركة المجتمعية فيما يخص قضايا الاستدامة[١٠١]. تُمكن مؤشرات التنمية المستدامة المجتمع من معرفة الاحتياجات الأساسية للتنمية من أجل مواجهة المشاكل قبل أن يصبح لها تأثيراً سلبياً، فضلاً عن أن هذه المؤشرات توضح نقاط الضعف في العلاقة بين النواحي الاقتصادية والبيئية والاجتماعية.

وبذلك فان هذه المؤشرات تختلف عن مؤشرات التنمية التقليدية التي تعمل على قياس التغيرات في مجال واحد من مجالات التنمية. وبصورة عامة فإن هذه المؤشرات تسعى إلى تحقيق الأهداف الاجتماعية والاقتصادية والبيئية معاً بالإضافة إلى الأهداف الإدارية الأخرى[١٠٢].

تنقسم مؤشرات التنمية المستدامة إلى ثلاثة أنواع اعتماداً على أبعاد التنمية المستدامة، وهي المؤشرات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية والتي حددتها هيئة الأمم المتحدة للتنمية المستدامة، ويأتي تفصيلها كالآتي:

- **المؤشرات الاجتماعية:** تتكون من مجموعة من المعايير أو المؤشرات الثانوية حسب ما حددتها هيئة الأمم المتحدة للتنمية المستدامة، مثل تحقيق العدالة الاجتماعية والتعليم والسكن والصحة العامة والأمن ومعدل النمو السكاني وإشراك المستخدمين والمقيمين في تصميم وإدارة المساحات الخضراء العامة[١٠٣].
- **المؤشرات البيئية:** يتكون البعد البيئي من المؤشرات الآتية: الغلاف الجوي، المياه العذبة، حماية الموارد الطبيعية، والحفاظ على البيئة، وتطوير التنوع البيولوجي[١٠٤].

---

[١٠١] ديب، ريدة يوسف. (٢٠٠٩). استراتيجية التنمية العمرانية المستدامة في المناطق شبه الحضرية. دمشق، سوريا. رسالة دكتوراه، جامعة دمشق. مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، مج٢٥ ،ع١.

[١٠٢] الداغستاني، عصام صالح. (٢٠٠٩). إدارة التنمية المستدامة في البيئة الحضرية لمدينة بغداد. بغداد, العراق. أطروحة دكتوراه مقدمة إلى المعهد العالي للتخطيط الحضري والإقليمي بجامعة بغداد.

[١٠٣] السلق، غادة. الصفار، ميثم. (٢٠١٤). التنمية المستدامة في مركز الكرخ التاريخي. بغداد. بحث منشور بمجلة كلية الهندسة، جامعة بغداد. المجلد ٢٠, العدد ١١, ص ص: ١-٢٨.

[١٠٤] عبدالرازق، نجيل كريم. الدباغ، شمائل. (٢٠٠٨). استدامة المدن التقليدية بين الأمس والمعاصرة اليوم (دراسة مقارنة). بغداد، العراق. مجلة الهندسة والتكنولوجيا المجلد ٢٦ العدد ١١. متوفر في: https://www.iasj.net/iasj/download/5ec141118c6e0a36 (تم الولوج في ٥ مارس ٢٠٢١).

- **المؤشرات الاقتصادية:** تتكون من مجموعة من المعايير أو المؤشرات الثانوية مثل البنية الاقتصادية، أنماط الإنتاج والاستهلاك، الحد من تفاوت الدخل ومعالجة النفايات واستخدام المواد المحلية وغيرها من المؤشرات[١٠٥].

قدم تقرير التنمية المستدامة [١٠٦] في عام ٢٠٢١ مؤشر أهداف التنمية المستدامة لتقييم الأداء العام لمجموعة دول من بينهم مصر، حيث احتلت مصر المرتبة ٨٢ ، برصيد ٦٨.٦، وفيما يلي بيانات عن أداء مصر:

شكل ٣٦: لوحة متابعة أهداف التنمية المستدامة[١٠٧]

تقترح الدراسة أن تكون أهداف التنمية المستدامة الأكثر ارتباطًا بموضوع الرسالة، طبقا لمؤشر أهداف التنمية المستدامة ٢٠٢٠ (مصر):

الهدف ٦: المياه النظيفة والصرف الصحي

---

[١٠٥] الأمم المتحدة. (٢٠٠١). تطبيق مؤشرات التنمية المستدامة في بلدان الإسكوا: تحليل النتائج. نيويورك. المجلة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا. متاح في:
https://uobabylon.edu.iq/sustainabilty/files/%D8%AA%D8%B7%D8%A8%D9%8A%D9%82%20%D9%85%D8%A4%D8%B4%D8%B1%D8%A7%D8%AA%20%D8%A7%D9%84%D8%AA%D9%86%D9%85%D9%8A%D8%A9%20%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%B3%D8%AA%D8%AF%D8%A7%D9%85%D8%A9%20%D9%81%D9%8A%20%D8%A8%D9%84%D8%AF%D8%A7%D9%86%20%D8%A7%D9%84%D8%A5%D8%B3%D9%83%D9%88%D8%A7.PDF

[106] Jeffrey D., Kroll, C., et al (2021). Sustainable Development Report 2021: The Decade of Action for the SDGs. Cambridge, United Kingdom. Cambridge University Press, University Printing House, pp: 11-21. doi.org/10.1017/9781009106559. Available at: https://s3.amazonaws.com/sustainabledevelopment.report/2021/2021-sustainable-development-report.pdf (Accessed on November 20, 2021).

[١٠٧] بيومي، مصطفي. لومي، ماري & آخرون. (٢٠٢٢). تقرير مؤشر ولوحات متابعة أهداف التنمية المستدامة في المنطقة العربية لعام ٢٠٢٢. دبي وأبو ظبي ونيويورك. محمد بن راشد للإدارة الحكومية، وأكاديمية أنور قرقاش الدبلوماسية ص: ١-١٦٨. متاح في:
https://www.mbrsg.ae/getattachment/72b93822-7f01-4081-9b8f-52f483c42bc8/Arab-SDG-Index-And-Dashboard-Report-2022.aspx (تم الولوج في ١٥ مايو ٢٠٢١).

- كمية المياه المعالجة (متر مكعب)
- مياه الصرف الصحي البشرية التي تتلقى المعالجة (٪)

الهدف ١١: المدن والمجتمعات المستدامة

- نصيب الفرد من المناظر الطبيعية الخضراء في المدن

الهدف ١٣: العمل المناخي

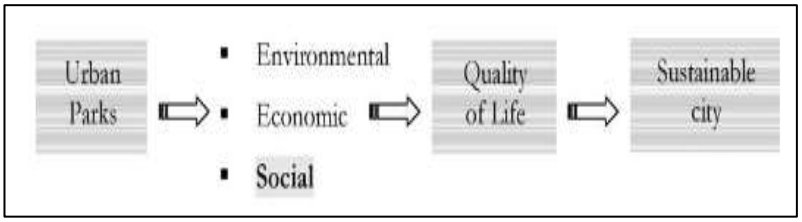
- انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بالطاقة
- انبعاثات ثاني أكسيد الكربون للفرد في مصر

٣.٢ المدن والحدائق المستدامة

١.٣.٢ المدن المستدامة

مع النمو السريع لسكان المناطق الحضرية وتزايد القلق بشأن البيئة، والتحدي المتمثل في كيفية جعل السكان يعيشون في مناطق حضرية أكثر استدامة، بدأ المخططون والأكاديميون يبحثون عن فكرة المدينة البيئية، وكان العالِم Richard Register أول من وضع تعريف للمدينة البيئية عام١٩٨٧م بأنها نظام البيئة الحضرية الذي يحافظ على الموارد ويصل بالنفايات إلى أدني حد ممكن[١٠٨].

المدينــة المستدامة هي مدينة خضراء صديقة للبيئة، تتوازن فيها الطاقة عن طريق رفع كفاءة استخدام الموارد وتحقيق الحد الأدنى من المخرجات الملوثة ومنع التلوث بتقليل المخلفات التي يمكن للطبيعة استقبالها[١٠٩].



شكل ٣٧: تطور المدن المستدامة[١١٠]

[108] Register J. & Alfasi N. (2006). Eco cities: Building Cities in Balance with Nature. Gabriola Island, canada. New Society Publishers, p.p. 1-373. ISBN: 9780865715523, 0865715521

[109] Girardet, H. (2004). Cities people planet: Liveable cities for a sustainable world. United Kingdom. Wiley, John & Sons Ltd, p105.

[110] Chiesura, A. (2004). The Role of Urban Parks for the Sustainable City. Wageningen, The Netherlands. Landscape and Urban Planning 68(1): p129-138. Available at: https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.08.003 (Accessed on May 8, 2021).

٢.٣.٢ الحدائق المستدامة

تتمثل الأهداف الرئيسية لتصميم الحدائق المستدامة في الحفاظ على الموارد الطبيعية كالمياه والطاقة وتقليل النفايات وتقليل الجريان السطحي، وتعزيز جودة الحياة للأشخاص من حولها[١١١]. من أجل تحقيق هذه الأهداف، يجب أن تعالج الحدائق المياه كمورد، وتقدر التربة، وتحافظ على النباتات الموجودة وتحافظ على الموارد المادية لتكون أكثر كفاءة.

يجب أن يأخذ تصميم الحديقة المستدامة في الاعتبار استخدام النباتات المحلية، وموائل الحياة البرية، وإعادة التدوير للحفاظ على القيمة البيئية للحدائق، وكذلك القيم الاجتماعية لأن الاستدامة هي مفهوم اجتماعي أكثر من كونها مفهومًا تقنيًا أو بيولوجيًا[١١٢].

الحدائق المستدامة تستجيب للبيئة، وتعيد توليدها، ويمكن أن تساهم في تنمية مجتمعات صحية. تعمل المناظر الطبيعية المستدامة على عزل الكربون وتنظيف الهواء والماء وزيادة كفاءة الطاقة واستعادة الموائل وخلق قيمة من خلال الفوائد الاقتصادية والاجتماعية والبيئية الكبيرة.

١.٢.٣.٢ أهداف الحدائق المستدامة[١١٣]

- الحفاظ على المناطق الطبيعية واستعادتها لحماية التنوع البيولوجي.
- تقليل انبعاثات الكربون من خلال جعل المباني أكثر كفاءة في استخدام الطاقة.
- الحد من آثار تغير المناخ من خلال ضمان قدرة حدائقنا على تحمل الفيضانات والتقاط مياه العواصف.
- إشراك السكان في الإشراف على حدائقهم والعناية بها.

---

[111] NYC Parks. (2021). Sustainable Parks. Retrieved from Nycgovparks.org, available at: https://www.nycgovparks.org/greening/sustainable-parks (Accessed on March 21, 2022).

[112] Moubarak, Lobna. (2022). Sustainable International Parks in Egypt: Suggested Criteria for Design. Cairo, Egypt. Faculty of Urban & Regional Planning, Cairo University, Journal of Urban Research, Vol. 44. pp: 82-102.

[113] NYC Parks. (2021). Sustainable Parks. Retrieved from Nycgovparks.org, available at: https://www.nycgovparks.org/greening/sustainable-parks (Accessed on March 21, 2022).

٢.٢.٣.٢ أنشطة الاستدامة التي تنفذها وكالات الحدائق والاستجمام[١١٤]:

أ. تعزيز الأنشطة الصحية في الطبيعة:

إن تعزيز الأنشطة الصحية في الطبيعة لا يفيد السكان جسديًا وعقليًا فحسب، بل يساهم أيضًا في تكوين بيئة أكثر صحة، فالأشخاص الذين يتعرضون للطبيعة ولديهم تجارب في الطبيعة هم أكثر عرضة للتصرف بالمسؤولية تجاهها.

ب. حماية وإدارة الحياة البرية وموائل الحياة البرية

توفر وكالات المتنزهات والاستجمام موطنًا قيمًا للحياة البرية، وتلتزم العديد من الوكالات بحماية وإدارة موائل الحياة البرية من خلال استراتيجيات وأنشطة مختلفة يمكن من خلالها استغلال حتى المناطق الحضرية الصغيرة لتوفير موائل وظيفية لمجموعة متنوعة من الحياة البرية، ويعتبر هذا المسلك مهماً بشكل خاص للأنواع المهددة من الحيوانات والطيور والنباتات. هذا الدعم للحياة البرية يتم من خلال السيطرة على الأنواع الغازية، وتشجيع الأنشطة التي تؤدي إلى إنشاء الموائل والحفاظ عليها، وإدارة التفاعل بين الإنسان والحياة البرية، وحماية الأنواع المحتاجة للحفظ، وإجراء عمليات جرد منتظمة للأنواع والموائل والمجتمعات.

ج. الحد من مخلفات ردم الأرض

الحد من إنتاج النفايات، وخاصة كثيفة الاستهلاك للطاقة، والتخلص من المواد الكيميائية الخطرة والسامة التي تتسرب إلى التربة والمياه الجوفية المحيطة.

د. المشاركة العامة وأنشطة التعليم

تعمل الغالبية العظمى من المتنزهات ووكالات الاستجمام على تعزيز الاستدامة من خلال المشاركة العامة والأنشطة التعليمية التي تركز على الموضوعات المستدامة، مما يؤدي إلى توسيع نطاق تأثيرها العام بشكل كبير من خلال التأثير على سلوك عامة الناس.

هـ. تنفيذ ممارسات البنية التحتية الخضراء

البنية التحتية الخضراء هي نهج مرن لإدارة جريان مياه الأمطار والحد من الفيضانات. يمكن استخدام النباتات والتربة والعناصر الأخرى لزيادة قدرة الأسطح القابلة للنفاذ لتصفية المياه بشكل طبيعي وتخفيف الآثار التي

---

[114] NPRA. (2017). Park and Recreation Sustainability Practics :Summary of Results from an NRPA Survey. USA. National Recreation and Park Association, pp: 1-17. Available at: https://www.nrpa.org/contentassets/f768428a39aa4035ae55b2aaff372617/sustainability-survey-report.pdf (Accessed on September 12, 2022).

تسببها الخدمات غير المنفذة. ومن الممارسات الأخرى التي تدعم جهود الاستدامة إنشاء حدائق المطر، واستخدام الأسطح النفاذة، واستخدام الأنظمة الطبيعية لتقليل الانجراف، والأراضي الرطبة المشيدة، واستخدام براميل المطر، واستخدام الأسطح الخضراء.

٣.٢.٣.٢ فوائد الحدائق المستدامة[١١٥]

- اجتماعية: تعزيز الاتصال بين أفراد المجتمع الواحد، وتوفير وسائل راحة متعددة للمجتمع المجاور لهذه الحدائق، وخلق بيئة عمل صحية.
- بيئية: التخفيف من حدة تغير المناخ من خلال استراتيجيات الطاقة المتجددة، وتعزيز التنوع البيولوجي والترابط البيئي.
- اقتصادية: زيادة القيمة الاقتصادية للمنطقة، وجذب القوى العاملة والاحتفاظ بها، وإطالة دورة حياة المباني، وتعزيز تطوير الحجم والكثافة القابلة للحياة، والسماح ببنية تحتية متكاملة على مستوى المنطقة.

٤.٢.٣.٢ بعض الأمثلة للحدائق المستدامة عالمياً:

أ. حديقة براينت (Bryant Park) [١١٦]

تقع في مدينة نيويورك، وهي متنزه مستدام أُعيد تصميمه بشكل جميل، ويستخدم كمثال عملي لتطبيق الاستدامة من قبل الجمعية الأمريكية لمهندسي المناظر الطبيعية (ASLA). بدأت قصة حديقة براينت عندما هدمت مدينة نيويورك الحديقة القديمة الموجودة وقامت ببناء منطقة تخزين تحت الأرض لمكتبة نيويورك العامة؛ وأصبحت الحديقة السقف الأخضر لتلك المنشأة. وقد تم استخدام مواد طبيعية صديقة للبيئة ومعاد تدويرها في جميع أنحاء التصميم مع زرع نباتات معمرة ونباتات دائمة الخضرة، مما ساعد هذا السطح الأخضر في التقليل من تكاليف الطاقة والانبعاثات الحرارية من مكتبة نيويورك العامة.

---

[115] ConservationTools.Org. (2022). Creating Sustainable Community Parks. Available at: https://conservationtools.org/guides/93-creating-sustainable-community-parks#heading_4 (Accessed on September 12, 2022).

[116] Caldwell, J. (2014). Sustainable Parks and Why They Work. Available at: https://meetingoftheminds.org/sustainable-parks-work-10514 (Accessed on Jan. 14, 2022).

هناك عدة أسباب وراء نجاح إعادة بناء Bryant Park, فالحديقة تخدم أكثر من غرض واحد، مثل تغطية وتحسين كفاءة مبنى تخزين المكتبة مع إنشاء مساحة مجتمعية ترحيبية، مع العلم أن الحديقة كانت تمثل عبئًا خطيرًا ومكلفًا على مدينة نيويورك ذات يوم قبل إعادة التصميم.

شكل ٣٨: حديقة برايانت[١١٧]

ب. حديقة دانفر المستدامة (Sustainability Park of Denver)[١١٨]

تقع وسط مدينة دنفر بولاية كولورادو بالولايات المتحدة الأمريكية، وتعد مركزاً هاماً في قلب المدينة. تتميز حديقة دنفر المستدامة بابتكارات صديقة للبيئة في خمس مجالات رئيسية:

١. الطاقة المتجددة والمباني الخضراء: حيث تدعم الحديقة البحث والتطوير في مجال البنية الخضراء، من خلال اختبار المشاريع التجريبية والتقنيات الناشئة باستخدام القياس الذكي وجمع البيانات لتقييم تكاليف وفوائد هذه المشاريع. كما تستخدم تصميمات ومواد مبتكرة لزيادة الكفاءة وتقليل التكاليف وتقليل الاستهلاك.

٢. الزراعة والتنمية المستدامة: تعرض الحديقة باستمرار أفكارًا وأنشطة تفاعلية حول مواضيع استدامة مختلفة مثل الزراعة وإدارة المياه من خلال توجيه مياه الأمطار وإعادة تدويرها.

٣. المشاركة المجتمعية: تستضيف الحديقة فعاليات للمجتمع والصناعة الخضراء، وتوفر مزارعها الحضرية مصدرًا محليًا للغذاء.

---

[117] Young, M. (2020). A Giant Heart Tribute Carved into Bryant Park Lawn – Untapped New York. Available at: https://untappedcities.com/2020/04/21/a-giant-heart-tribute-carved-into-bryant-park-lawn (Accessed on June 24, 2022).

[118] Caldwell, J. (2014). Sustainable Parks and Why They Work. Available at: https://meetingoftheminds.org/sustainable-parks-work-10514 (Accessed on Jan. 14, 2022).

٤. الوظائف والاقتصاد: يساهم منتزه الاستدامة في دنفر أيضًا في خلق اقتصاد مجتمعي مستدام، ويعزز خطط التنمية في المناطق المحيطة التي تستخدم الموارد الطبيعية، ويسهل التدريب على الوظائف الخضراء.

٥. المواصلات: تشتمل ميزات النقل المستدام في المتنزه على وجود محطة لمشاركة الدراجات B-Cycle، مع سهولة الوصول إلى وسائل النقل العام المحلية، وهناك خطط لإنشاء محطة لشحن السيارات الكهربائية وكشك مشاركة للسيارات.

شكل ٣٩: حديقة دانفر المستدامة[١١٩]

٤.٢ مؤشرات الاستدامة المقترحة:

تمت دراسة مؤشرات اللاند سكيب المستدامة من قبل العديد من الباحثين لفهم العوامل الرئيسية التي تساهم في تحقيق استدامة المناظر الطبيعية[١٢٠]، وأيضا المؤشرات من أهداف التنمية المستدامة العالمية للأمم المتحدة، وأهداف التنمية المستدامة الوطنية، حيث ركز الإطار المقترح على الركائز الثلاث الرئيسية للاستدامة)البيئية والاجتماعية والاقتصادية):

- البيئية: من خلال الحفاظ على البيئة وتطوير التنوع البيولوجي من خلال النباتات المحلية والأصلية وتحسين التخفيف من حدة المناخ ونوعية الهواء.
- الاجتماعية: من خلال إشراك المستخدمين والمقيمين في تصميم وإدارة المساحات الخضراء العامة.
- الاقتصادية: من خلال تحسين المحلية الاقتصاد ومعالجة النفايات واستخدام المواد المحلية.

---

[119] Anderson, C. (2018). An Update on Denver's Sustainability Goals – 303 Magazine. Available at: https://303magazine.com/2018/01/denver-sustainability-goals-2018/ (Accessed on July 13, 2022).

[120] Çiftçioğlu, G., et al. (2015). Towards Sustainable Landscape Development Indicators for North Cyprus. Ankara, Turkey. 2nd International Sustainable Buildings Symposium. European University of Lefke, Faculty of Architecture.

ويجب أن تكون المؤشرات المختارة ذات صلة وتعكس العملية التي تهدف إلى تقييمها:

التصنيف	مؤشرات الاستدامة
الطاقة	كفاءة استهلاك الطاقة
	الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة
المياه	كمية المياه المعالجة
	مياه الصرف الصحي البشرية التي تتلقى المعالجة
مواد البناء	مواد البناء الإقليمية
	استخدام مواد البناء المحلية
	إعادة استخدام مواد البناء
إدارة النفايات	كفاءة إدارة النفايات
تغير المناخ	انبعاثات ثاني أكسيد الكربون
	مستوى تركيز ملوثات الهواء
ظاهرة الجزر الحرارية	التخفيف من ظاهرة الجزر الحرارية
التربة	إصلاح الأراضي الملوثة
	حماية التربة
تجنب الفيضانات	فعالية تجنب الفيضانات
التنوع البيولوجي	حماية الموائل (النباتات – الحيوانات)
	حماية البيئة من التلوث
البيئة المائية	الحفاظ على المسطحات المائية
	الحفاظ على المياه الجوفية
البنية التحتية الخضراء	نظام متكامل للبنية التحتية

جدول ١: مؤشرات الاستدامة المقترحة (معدل من الباحث) [١٢١]

[١٢١] السيد, مها. (٢٠١٩). مؤشرات الاستدامة للمجاورات السكنية في مصر. القاهرة, مصر. مجلة جمعية المهندسين المصرية, كلية التخطيط الإقليمي والعمراني، جامعة القاهرة. عدد ١, ص ص: ١-٥.

٥.٢ **الخلاصة:**

- في هذا الفصل تم التطرق إلى مفهوم الاستدامة وتم استخلاص ركائز الاستدامة والوصول إلى الحدائق المستدامة حتى مؤشرات تقييم الاستدامة.
- التعريف المبسط للاستدامة هو الاستغلال الأمثل للموارد والإمكانيات المتاحة سواء كانت طبيعية أو مادية أو بشرية بشكل فعال ومتوازن بيئياً وعمرانياً لضمان الاستمرارية للإنسانية. وبهدف تعزيز الحياة بالطريقة التي تسمح للآخرين بسد احتياجاتهم في الحاضر والمستقبل.
- ركائز الاستدامة (بيئية – اقتصادية – اجتماعية)
- مؤشرات الاستدامة المقترحة التي يتم من خلالها التقييم (الطاقة – المياه – المناخ – التربة – المواد المستخدمة – إدارة النفايات).

الفصل الثالث

٣ حدائق الأراضي الرطبة المشيدة والتجارب العالمية

١.٣ الأراضي الرطبة

١.١.٣ تعريف الأراضي الرطبة

لم يستخدم مصطلح "الأراضي الرطبة" حتى وقت قريب جدًا بشكل شائع في اللغة الأمريكية العامية، ثم تم اعتماده فيما بعد كبديل لمصطلح المستنقع. استخدم علماء القرن التاسع عشر مصطلحات مثل مستنقع لوصف الأراضي التي تسمى الآن الأراضي الرطبة، وفي النصف الثاني من القرن العشرين دخل مصطلح الأراضي الرطبة تدريجياً في الاستخدام العلمي الشائع. في عام ١٩٥٢ استخدمت الولايات المتحدة الأسماك والحياة البرية في مصطلح "الأراضي الرطبة" لوصف عدد من البيئات المتنوعة ذات الإنتاجية العالية، والتي تشترك في خصائص كل من الموائل المائية والحياة البرية[١٢٢].

عرف Kadlec and Knight[١٢٣] (١٩٩٦) الأراضي الرطبة الطبيعية والمشيدة في البداية على أنها المناطق التي تكون فيها التربة مشبعة بالمياه، أو حيث ينتج عن المياه الراكدة الضحلة وجود أنواع نباتية تنمو في التربة التي تغمرها المياه بشكل موسمي أو مستمر مع وجود ظروف لاهوائية.

عرف Mitsch and Gosselink[١٢٤] (٢٠٠٠) الأراضي الرطبة على أنها هي الأراضي التي تغطي فيها المياه التربة، أو توجد إما على سطح التربة أو بالقرب منها أو داخل منطقة الجذر، طوال العام أو لفترات زمنية متفاوتة خلال العام.

لذلك يمكن تلخيص تعريف الأراضي الرطبة بإحدى هذه الطرق:

---

[122] Rashed, A. (2005). Constructed Free Surface Wetlands for Drainage Water Treatment – A Case Study in Egypt, ElMansoura. Unpublished Ph.D., Faculty of Engineering Mansoura University, p. 32.

[123] Kadlec, R. H. & Knight, R. L. (1996). Treatment Wetlands. New York, USA. CRC Lewis Publisher. Second Edition, p3. Available at: https://doi.org/10.1201/9781420012514. (Accessed on Jan. 12, 2019).

[124] Mitsch, W. J. & Gosselink J. G. (2000). Wetlands. New York, John Wiley & Sons, 3Th Edition. Available at: https://doi.org/10.1002/rrr.637

- هي كل وسط تغمره المياه جزئياً أو كلياً سواء كان ذلك بصفة دائمة أو مؤقتة، وتلعب هذه النظم دوراً رئيسياً في دورة المياه، وهي ذات أهمية حيوية لبقاء البشرية نظراً لفوائدها التي لا حصر لها وللخدمات الإيكولوجية التي تقدمها منذ آلاف السنين[١٢٥].
- هي عبارة عن مزيج فريد من النباتات والحيوانات، وتشمل مجموعة متنوعة من النظم الإيكولوجية مثل البحيرات، الأنهار، المياه الجوفية، المستنقعات، الأراضي العشبية الرطبة، الواحات، مصبات الأنهار، مسطحات المد والجزر، الشعاب المرجانية، وغيرها من المناطق الساحلية، بالإضافة إلى جميع المواقع الاصطناعية مثل أحواض السمك وحقول الأرز والخزانات والمستنقعات المالحة.
- التعريف المعتمد من قبل اتفاقية رامسار[١٢٦] Ramsar للأراضي الرطبة: تمثل الأراضي الرطبة مناطق من المستنقعات، أو السبخات، أو الأرض الخُث، أو المياه، سواء كانت طبيعية أو اصطناعية، دائمة أو مؤقتة، ذات مياه راكدة أو متدفقة، عذبة أو مالحة، تتضمن مناطق بحرية لا يتجاوز عمق مياهها في مواقع انحسار المياه ستة أمتار، ويمكن أيضاً أن تشمل المناطق الشاطئية والساحلية المتاخمة للأراضي الرطبة، والجزر أو المسطحات المائية البحرية، التي يتجاوز عمقها الستة أمتار عند الجزر، والواقعة داخل الأراضي الرطبة.

٢.١.٣ اتفاقية رامسار للأراضي الرطبة[١٢٧]

نظراً لما تعانيه كثير من الأراضي الرطبة في العالم من التلوث والصيد الجائر الذي يهدد أنواع معينة من الكائنات الحية, وما تتعرض له الكثير من الأراضي الرطبة من التجفيف عن طريق نزح المياه لاستغلال الأراضي في التنمية العمرانية, وُقعت "اتفاقية رامسار Ramsar" في إيران في الثاني من فبراير عام ١٩٧١م, وهي بمثابة معاهدة بين الحكومات تشكل في مجملها إطاراً للعمل الوطني والتعاون الدولي من أجل الحفاظ على الأراضي الرطبة ومواردها والاستعمال الحكيم لها، وتضم الاتفاقية حتى اليوم ١٤٤ جهة موقعة, وتتلخص

---

[125] Rashed, A. (2005). Constructed Free Surface Wetlands for Drainage Water Treatment – A Case Study in Egypt, ElMansoura. Unpublished Ph.D., Faculty of Engineering Mansoura University, p. 9.

[126] Medwet. (2009). About Wetlands. Retrieved from Medwet; The Mediterranean Wetland Initiative. Available at: https://medwet.org/aboutwetland (Accessed on October 30, 2021).

[127] Medwet. (2020). The Ramsar Convention. Retrieved from Medwet; The Mediterranean Wetland Initiative. Available at: https://medwet.org/aboutwetlands/ramsarconvention/ (Accessed on November 3, 2021).

الرسالة التي تحملها هذه الاتفاقية في الحفاظ على الأراضي الرطبة واستخدامها بطريقة حكيمة من خلال الإجراءات المحلية والوطنية والتعامل الدولي، وبشكل يسهم في تحقيق التنمية المستدامة في جميع أنحاء العالم.

١.٢.١.٣ ركائز اتفاقية رامسار[١٢٨]

تتعهد الأطراف المتعاقدة داخل الاتفاقية بالتالي:

- العمل من أجل الاستخدام الرشيد لجميع أراضيها الرطبة.
- تسجيل الأراضي الرطبة المناسبة في قائمة الأراضي الرطبة ذات الأهمية الدولية، وضمان الإدارة الفعالة لها.
- التعاون على المستوى الدولي فيما يخص الأراضي الرطبة العابرة للحدود، وأنظمة الأراضي الرطبة المشتركة، وكذلك الأصناف المشتركة.

٢.٢.١.٣ المعايير التي حددتها اتفاقية رامسار[١٢٩]

تنظر الاتفاقية في العديد من العوامل التي تحدد ما إذا كانت الأراضي الرطبة تتأهل لدخول القائمة الخاصة بها أم لا، وهي كالآتي:

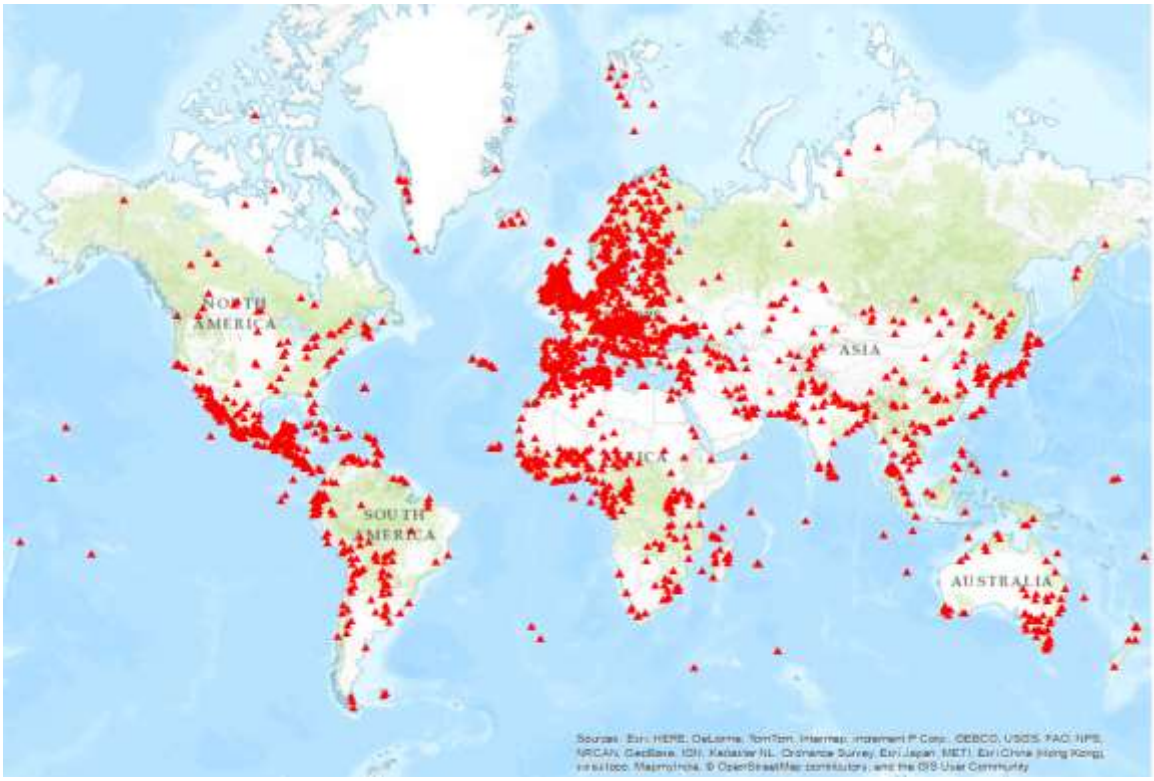
- يجب اعتبار الأرض الرطبة ذات أهمية دولية إذا كانت تحتوي على نموذج تمثيلي أو نادر أو فريد من نوعه لأرض رطبة طبيعية أو قريبة من الطبيعية توجد داخل المنطقة الجغرافية الحيوية المناسبة.
- يجب اعتبار الأراضي الرطبة ذات أهمية دولية إذا كانت تدعم الأنواع المعرضة للخطر أو المهددة بالانقراض أو المهددة بشدة أو المجتمعات البيئية المهددة.
- يجب اعتبار الأراضي الرطبة ذات أهمية دولية إذا كانت تدعم الأنواع النباتية أو الحيوانية المهمة للحفاظ على التنوع البيولوجي لمنطقة جغرافية حيوية معينة.
- يجب اعتبار الأراضي الرطبة ذات أهمية دولية إذا كانت تدعم الأنواع النباتية أو الحيوانية التي في مرحلة حرجة من دورات حياتها، أو توفر ملاذًا لها أثناء الظروف المعاكسة.
- يجب اعتبار الأرض الرطبة ذات أهمية دولية إذا كانت تدعم بانتظام ٢٠٠٠٠ طائراً مائياً أو أكثر.

---

[128] Medwet. (2020). The Ramsar Convention. Retrieved from Medwet; The Mediterranean Wetland Initiative. Available at: https://medwet.org/aboutwetlands/ramsarconvention/ (Accessed on November 3, 2021).

[129] DCCEEW. (2022). Criteria for identifying Wetlands of International Importance. Australia, Department of Climate Change, Energy, Environment, and Water. Available at: https://www.dcceew.gov.au/water/wetlands/ramsar/criteria-identifying-wetlands (Accessed on May 15, 2022).

- يجب اعتبار الأرض الرطبة ذات أهمية دولية إذا كانت تدعم بانتظام نوعاً واحداً أو نوعاً فرعياً من الطيور المائية.
- يجب اعتبار الأرض الرطبة ذات أهمية دولية إذا كانت تدعم نسبة كبيرة من الأنواع الفرعية للأسماك.
- يجب اعتبار الأراضي الرطبة ذات أهمية دولية إذا كانت مصدرًا مهمًا لغذاء الأسماك.
- يجب اعتبار الأرض الرطبة ذات أهمية دولية إذا كانت تدعم بانتظام ١ ٪ من الأفراد في مجموعة من نوع واحد أو نوع فرعي من الأنواع الحيوانية غير الطيور المعتمدة على الأراضي الرطبة.



شكل ٤٠: خريطة توضح موقع الأراضي الرطبة على مستوى العالم[١٣٠]

٣.١.٣ فوائد الأراضي الرطبة

الأراضي الرطبة هي أكثر الأنظمة البيئية تنوعاً وإنتاجية على سطح الأرض، وتوفر فوائد عديدة للمجتمع حيث توفر موطنًا مهمًا للحياة البرية، وتوفر الحماية من تآكل التربة وتآكل الشواطئ، والحماية ضد الفيضانات،

[130] Dempsey, C. (2014). GIS Data of the World's Wetlands. Available at: https://www.gislounge.com/gis-data-worlds-wetlands/ (Accessed on September 13, 2022).

وتعمل على الحفاظ على نوعية المياه ومكافحة التلوث، وتوفر العديد من الفرص الترفيهية. تعد الأراضي الرطبة مورداً هاماً لجميع خدمات النظم الأيكولوجية المتعلقة بالمياه فهي تعمل على تنظيم كمية المياه، وتحسين الأمن المائي بما في ذلك مواجهة المخاطر الطبيعية والتكيف مع تغير المناخ[١٣١].

خدمات النظم الإيكولوجية	هيكل النظم الإيكولوجية ووظيفتها
حماية المناطق الساحلية	تقلل من و/أو تبدد الأمواج وتحجز الرياح
مكافحة التحات	توفر تثبيت الرواسب والاحتفاظ بالتربة
الحماية من الفيضانات	تنظيم تدفق المياه والتحكم فيه
الامداد بالمياه	إعادة تغذية/ تصريف المياه الجوفية
تنقية المياه	توفر المادة الغذائية وامتصاص التلوث بالإضافة إلى الاحتباس وترسب الجزيئات
عزل الكربون	يُنشيء التنوع والانتاجية البيولوجية
الحفاظ على أنشطة البحث عن الغذاء وصيد الأسماك والصيد	يوفر أراضي مشاتل وموائل إنتاجية مناسبة ومجالاً حيويًا آمنًا
السياحة والاستجمام والتعليم والبحث	توفر منظرًا طبيعيًا جميلاً وفريدًا وموئلاً مناسبًا للحيوانات والنباتات المتنوعة
الثقافة والفوائد الدينية والروحية والقيم الأفضل	توفر منظرًا طبيعيًا جميلاً وفريدًا للمعنى الروحي أو الثقافي أو التاريخي

شكل ٤١: توضح الأهمية الإيكولوجية للأراضي الرطبة[١٣٢]

وهنا يتضح بالتفصيل أهم فوائد الأراضي الرطبة:

١.٣.١.٣ جودة المياه

تعمل الأراضي الرطبة على تحسين جودة المياه، لذلك يُرجح أنها ستحظى بقيمة كبيرة كمرشحات لمياه الشرب في المستقبل. عندما تدخل المياه إلى أرض رطبة فإنها تبطئ وتتحرك حول النباتات الرطبة فيسقط الكثير من الرواسب المعلقة في المياه، حيث تمتصها جذور النباتات والكائنات الدقيقة الموجودة على جذوع النباتات وتستقر في الأرض الرطبة. يمكن لعملية الترشيح الطبيعية للأراضي الرطبة أن تزيل العناصر الزائدة قبل أن تغادر المياه الأراضي الرطبة، مما يجعلها أكثر صالحية للشرب، والسباحة ودعم النباتات والحيوانات.

---

131 Russi D., et al. (2013). The Economics of Ecosystems and Biodiversity for Water and Wetlands. London and Brussels. The Institute for European Environmental Policy (IEEP). pp: 1-84. Available at: https://www.cbd.int/financial/values/g-ecowaterwetlands-teeb.pdf. (Accessed on Nov. 29, 2021).

132 Russi D., et al. (2013). The Economics of Ecosystems and Biodiversity for Water and Wetlands. London and Brussels. The Institute for European Environmental Policy (IEEP). pp: 1-84. Available at: https://www.cbd.int/financial/values/g-ecowaterwetlands-teeb.pdf. (Accessed on Nov. 29, 2021).

إن ترشيح المياه والسيطرة على التلوث تعتبر من الوظائف الحيوية والفريدة من نوعها للأراضي الرطبة، كما أن بعضها يعتبر مصدراً لتغذية المياه الجوفية، والتي توفر الكثير من المياه الصالحة للشرب في جميع أنحاء العالم.

٢.٣.١.٣ التحكم في الفيضانات[١٣٣]

يمكن للأراضي الرطبة أن تلعب دورًا في تقليل تواتر وشدة الفيضانات من خلال العمل كمواد عازلة طبيعية، مع امتصاص وتخزين كمية كبيرة من مياه الفيضانات.

يمكن للأرض الرطبة عادةً تخزين حوالي ثلاثة أفدنة من الماء أو مليون جالون، وعندما يرتفع منسوب المياه بسبب الأمطار الغزيرة يبطئ الغطاء النباتي من تدفق المياه ويخزن جزءاً منها في التربة أو على السطح مما يقلل بشكل طبيعي من خطر الفيضانات والانجراف. تمثل الأراضي الرطبة خطوط الدفاع الأولى والطبيعية ضد الفيضانات وخير بديل للهياكل الاصطناعية مرتفعة التكلفة التي يتم إنشاؤها.

٣.٣.١.٣ التنوع البيولوجي[١٣٤]

تعد الأراضي الرطبة من البيئات الغنية بالتنوع البيولوجي حيث تعتمد الأنواع المختلفة من الثدييات والنباتات والحشرات والبرمائيات والزواحف والطيور والأسماك على الأراضي الرطبة للحصول على الغذاء والمأوى، وتنوع الحياة البرية في الأراضي الرطبة يساهم في العديد من الأعمال التجارية.

٤.٣.١.٣ الترفيه والسياحة[١٣٥]

تمثل الأراضي الرطبة بجمالها الطبيعي وتنوع الحياة الحيوانية والنباتية فيها وجهةً مثالية للسياحة، وبعضها إما مناطق محمية أو مواقع للتراث العالمي. يمكن القيام بالعديد من الأنشطة في هذه المناطق مثل صيد السمك، ركوب الزوارق، مشاهدة الطيور، التصوير الفوتوغرافي، إضافةً إلى الصيد وهي أيضاً ذات فائدة تعليمية كبيرة لأطفال المدارس وأيضا لعامة الناس.

---

133 Medwet. (2009). About Wetlands. Retrieved from Medwet; The Mediterranean Wetland Initiative. Available at: https://medwet.org/aboutwetland (Accessed on October 30, 2021).

134 EPA. (2006). Economic Benefits of Wetlands. Retrieved from U.S. Environmental Protection Agency, Washington. Available at: https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=2000D2PF.txt (Accessed on May 1, 2021).

135 EPA. (2006). Economic Benefits of Wetlands. Retrieved from U.S. Environmental Protection Agency, Washington. Available at: https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=2000D2PF.txt (Accessed on May 1, 2021).

٥.٣.١.٣ الحماية من تآكل التربة

الغطاء النباتي للأراضي الرطبة يعمل كمصدر للرواسب التي تساعد على تماسك ضفاف البحيرات والأنهار والشواطئ. إن الفقدان المتزايد للتربة والرواسب هي مشكلة شائعة بسبب الأنشطة البشرية مثل إزالة الغطاء النباتي وتجفيف الأراضي الرطبة بغرض تحويلها إلى أراضٍ زراعية أو مدن سكنية.

٦.٣.١.٣ فوائد اقتصادية

للأراضي الرطبة أهمية اقتصادية كبيرة تتمثل في كونها مصدراً للثروة السمكية والحيوانية، وتعزز الزراعة المستدامة وصيد الأسماك المستدام، والمراعي المستدامة وموارد الطاقة والموارد البرية، كما أنها توفر الأغذية وغيرها من المنتجات للاستخدام البشري.

إن الفوائد المذكورة أعلاه، تمنح الأراضي الرطبة أهمية كبيرة للنباتات والحيوانات، وكذلك للإنسان، وهي أيضاً مهمة لإمدادات المياه العذبة في العالم.

٤.١.٣ المخاطر التي تهدد الأراضي الرطبة

تعتبر الأراضي الرطبة من أكثر البيئات تدهوراً (حسب تقييم النظم الإيكولوجية للألفية التابع للأمم المتحدة)، حيث فقدت الأراضي الرطبة في العالم نصف مساحتها على مدار القرن العشرين، ويعود ذلك أساساً إلى التدخل البشري وسوء الإدارة.

تم استنزاف ٧٣٪ من المستنقعات في شمال اليونان منذ عام ١٩٣٠، وتدهورت ٨٦٪ من الأراضي الرطبة الكبرى في فرنسا من قبل السياسة الرسمية بين عامي ١٩٣٠ و١٩٩٤، مع اختفاء ٦٠٪ من المساحة الأصلية للأراضي الرطبة في إسبانيا، وأيضاً اختفاء ٨٤٪ من الأراضي الرطبة لحوض وادي مجردة في تونس خلال القرن العشرين[١٣٦].

الأسباب الرئيسية لفقدان الأراضي الرطبة[١٣٧]

- التجفيف والتحويل لغرض الزراعة.

[136] Medwet. (2009). About Wetlands. Retrieved from Medwet; The Mediterranean Wetland Initiative. Available at: https://medwet.org/aboutwetland (Accessed on October 30, 2021).

[137] Medwet. (2009). About Wetlands. Retrieved from Medwet; The Mediterranean Wetland Initiative. Available at: https://medwet.org/aboutwetland (Accessed on October 30, 2021).

- الضغط المسلط من قبل المؤسسات والتمدن والتنمية السياحية.
- الأنشطة الصناعية.
- التلوث الناجم عن المصادر الزراعية والنفايات البشرية والتصريفات الصناعية.
- إدخال الأنواع والأصناف الغريبة التي تهدد الأنواع المحلية.
- التغييرات في النظام الهيدرولوجي من خلال بناء السدود والجسور ومصارف المياه.
- الترسيب الناتج عن إزالة الغطاء النباتي في مناطق تجمع المياه من خلال الرعي وتكدس مواد التعبئة من أجل التنمية.
- الصيد الجائر.
- مكافحة البعوض للحماية من الملاريا وغيرها من الأمراض.

من أجل حماية الأراضي الرطبة ضد هذه التهديدات، من المهم إشراك أصحاب المصلحة على جميع المستويات وتغيير الممارسات المدمرة التي تم تنفيذها حتى الآن. في الغالب هذا الفقدان السريع مصدره الجهل بأهمية هذه النظم وعدم فهم دورها. ومن أجل حماية فعالة للأراضي الرطبة، من الضروري توعية الجميع من صناع القرار والمجتمع المدني والرأي العام بالقيمة الحقيقية لهذه النظم والوظائف التي تقدمها[١٣٨].

٥.١.٣ الأراضي الرطبة الطبيعية في مصر

كما ذكرنا تُعرَّف الأراضي الرطبة الطبيعية عموماً على أنها أرض يكون سطح الماء قريباً من سطح الأرض, وتصنف الأراضي الرطبة الطبيعية في مصر إلى[١٣٩]:

١.٥.١.٣ أراضي رطبة بها مياه مالحة

- البحيرات الشمالية: مثل البردويل، المنزلة، البرلس، إدكو, ومريوت. هذه البحيرات على اتصال مباشر بالبحر الأبيض، وهي بيئة طبيعية للحيوانات والنباتات وموطن للطيور المهاجرة.

---

[138] Medwet. (2009). About Wetlands. Retrieved from Medwet; The Mediterranean Wetland Initiative. Available at: https://medwet.org/aboutwetland (Accessed on October 30, 2021).

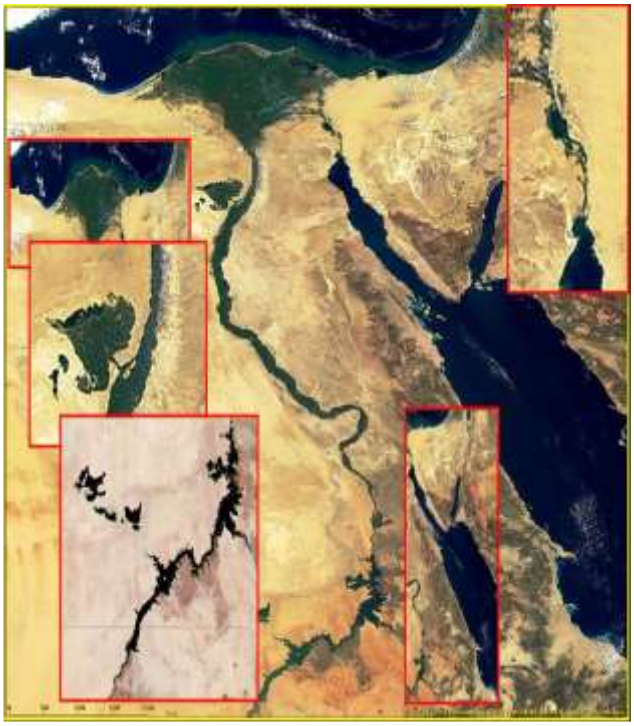
[139] Alonso, C. V. (2003). Ramsar Convention Implementation in MedWet countries: Analysis of COP8 Convention National Reports. Izmir, Turkey. Ramsar Bureau. pp: 11-48. Available at: https://medwet.org/wp-content/pdf/MWC5_4_en.pdf (Accessed on May 12, 2022).

- بحيرات مطروح: مثل مجموعة من البحيرات المغلقة المجاورة والغير متصلة مباشرةً بالبحر الأبيض المتوسط، وتُستخدم هذه البحيرات كميناء بحري ولأغراض صيد الأسماك وكذلك كمنطقة ترفيهية.
- شواطئ البحر الأحمر: مثل غابات القرم، والشواطئ المرجانية، والجزر المرجانية، ومنطقة قناة السويس، والبحيرات والمنخفضات وبعض ينابيع المياه الساخنة (العين السخنة وعين موسى), وتعتبر هذه الأراضي الرطبة من أماكن الغوص القيمة في العالم.

٢.٥.١.٣ أراضي رطبة بها مياه عذبة

- بحيرات الصحاري الغربية والواحات الداخلية: مثل بحيرة قارون، ووادي الريان، ووادي النطرون، وبحيرات المغرة. توجد مجموعة أخرى من البحيرات والبرك في الصحاري الغربية والتي نشأت من التجميع الطبيعي لمياه الصرف الزراعي مثل بحيرة الداخلة والخارجة. يتمتع وادي الريان بأهمية تعليمية كبيرة نظرًا لوجود العديد من الحيوانات والنباتات القديمة في شبه الجزيرة، كما أن لليونسكو أنشطة كبيرة في حماية هذه المنطقة.
- بحيرة ناصر في أسوان: وهي ليست جزءًا من السد العالي، فهي تقع على الحدود الجنوبية لمصر وتم إنشائها بعد بناء السد. إنها واحدة من أكبر البحيرات الاصطناعية في العالم، وقد تصنف هذه البحيرة على أنها أرض رطبة من صنع الإنسان منذ تكوينها بعد بناء السد، ولكنها تصنف أيضًا على أنها أرض رطبة طبيعية نظرًا لوجودها كموطن بيئي يضم عدة أنواع من النباتات والحيوانات التي تعيش داخل موقع البحيرة.
- منخفضات مجاري توشكى: تم إنشاء مجموعة من أحواض المياه العذبة بعد تحويل بعض مياه الفيضان الزائدة إليها أثناء الفيضانات العالية لنهر النيل.
- الجزر والشواطئ الضحلة لنهر النيل داخل الوادي من أسوان إلى القاهرة وبعض الجزر الصخرية في أسوان وغيرها من الجزر الموحلة في مسار النهر والتي تغمرها مياه النهر موسمياً [١٤٠].

[140] Fahmy H., Khalifa E., and Rashed A. (2007). The Role of Wetlands in Water Management. Cairo, Egypt. National Water Research Center, pp: 1-19. Available at: https://www.researchgate.net/publication/285056112_The_Role_of_Wetlands_in_Water_Management_-_Egypt (Accessed on December 29, 2021).



شكل ٤٢: صورة توضح موقع الأراضي الرطبة الطبيعية في مصر[١٤١]

٦.١.٣ المخاطر التي تهدد الأراضي الرطبة في مصر[١٤٢]

تواجه الأراضي الرطبة الكثير من التهديدات أهمها عمليات التجفيف لصالح مشروعات استصلاح الأراضي ومشروعات التوسع العمراني. على سبيل المثال تقلصت مساحة بحيرة البرلس من ١٣٦ ألف فدان عام ١٩٥٣ إلى ١٠١ ألف فدان عام ٢٠٠٠ أي فقدت أكثر من ثلث مساحتها، حيث أدي التوسع الزراعي إلي زيادة حجم مياه الصرف الزراعي التي تصب في البحيرة حتى ملأها ولم يعد بها حيز لمياه البحر المالحة، يعنى ذلك فقد البيئة للمياه المالحة وتنوعها البيولوجي. وأصبحت مياه الصرف الزراعي مختلطة بمياه الصرف الصحي من المدن والقرى المنتشرة وكذلك مياه الصرف الصناعي، كل هذا يحمل إلى البحيرة الملوثات التي تؤثر على البيئة والكائنات ويقلل من الخدمات والموارد التي تتيحها البحيرة للمجتمعات المعتمدة عليها. أيضاً تتعرض الأراضي الرطبة لتهديدات تتصل بظواهر طبيعية منها عمليات الترسيب والإطماء، وزحف الرمال في مواقع

---

[141] Fahmy H., Khalifa E., and Rashed A. (2007). The Role of Wetlands in Water Management. Cairo, Egypt. National Water Research Center, pp: 1-19. Available at: https://www.researchgate.net/publication/285056112_The_Role_of_Wetlands_in_Water_Management_-_Egypt (Accessed on December 29, 2021).

[142] EEAA. (2000). Current Situation of Lands in Egypt. Cairo, Egyptian Environmental Affairs Agency, Ministry of Environment, Egypt. Available at: https://eeaa.gov.eg/portals/0/eeaaReports/SOE2005en/04-lands/lands.pdf (Accessed on August 8, 2022).

الصحراء والواحات. يضاف إلى ذلك ما يهدد بحيرات الشمال من نحر الشواطئ الذي يقلص الحواجز الضيقة التي تفصل كل بحيرة عن البحر، الأمر الذي يمكن أيضاً أن يحولها إلى خلجان بحرية. هذا بالإضافة إلى تأثيرات توابع تغيرات المناخ وارتفاع منسوب سطح البحر مما يهدد بغرق البحيرات وتخومها.

ويمكن تلخيص المهددات الواقعة على النظم البيئية للأراضي الرطبة والمياه الداخلية وذلك على النحو التالي:

المهددات	أهم الأمثلة للنظم البيئية للأراضي الرطبة والمياه الداخلية								
	نهر النيل	بحيرة مريوط	بحيرة أدكو	بحيرة البردويل	بحيرة المنزلة	بحيرة البرلس	بحيرة قارون	بحيرة الريان	بحيرة ناصر
التغيرات المناخية	مرتفعة	مرتفعة	مرتفعة	مرتفعة	مرتفعة	مرتفعة	متوسطة	متوسطة	متوسطة
السياحة والتنمية الحضرية	مرتفعة	مرتفعة	مرتفعة	متوسطة	مرتفعة	مرتفعة	مرتفعة	ضعيفة	ضعيفة
التلوث البترولي	ضعيفة	متوسطة	متوسطة	ضعيفة	متوسطة	متوسطة	ضعيفة	ضعيفة	ضعيفة جداً
الصيد الغير قانوني والجائر	مرتفعة	مرتفعة	مرتفعة	متوسطة	مرتفعة جداً	مرتفعة جداً	متوسطة	ضعيفة	متوسطة
المخلفات الصلبة	متوسطة	مرتفعة	مرتفعة	ضعيفة جداً	متوسطة	متوسطة	متوسطة	ضعيفة	ضعيفة جداً
الصرف الزراعي	مرتفعة	مرتفعة جداً	مرتفعة جداً	ضعيفة	مرتفعة جداً	مرتفعة جداً	مرتفعة جداً	مرتفعة جداً	ضعيفة جداً
الصرف الصحي	ضعيفة	مرتفعة جداً	مرتفعة جداً	متوسطة	مرتفعة جداً	مرتفعة جداً	مرتفعة جداً	متوسطة	ضعيفة جداً

شكل ٤٣: تهديدات الأراضي الرطبة

٢.٣ الأراضي الرطبة المشيدة

١.٢.٣ تعريف الأراضي الرطبة المشيدة

تسمى جميع الأراضي الرطبة التي تم إنشاؤها بشكل خاص لتحسين جودة المياه كهدف أساسي بالأراضي الرطبة المشيدة. تكون المياه المراد معالجتها في هذه الحالة شديدة التنوع فتشمل مياه الصرف الصحي البلدية والصناعية والزراعية، ومياه الأمطار، وتلوث المياه السطحية في الأنهار والبحيرات.

تحاكي الأراضي الرطبة المشيدة ظروف المعالجة المثلى الموجودة في الأراضي الرطبة الطبيعية، ولكنها توفر المرونة في كونها قابلة للإنشاء في أي مكان. الفرق الرئيسي بين الأراضي الرطبة المعالجة الطبيعية والمنشأة هو أصل شكلها الأرضي[١٤٣]، ويُعد الوجود المتكرر أو المطول للمياه (الهيدرولوجيا) على سطح التربة أو

[143] Rashed, A. (2005). Constructed Free Surface Wetlands for Drainage Water Treatment – A Case Study in Egypt, ElMansoura. Unpublished Ph.D., Faculty of Engineering Mansoura University, p. 32.

بالقرب منه هو العامل المهيمن في تحديد طبيعة تطور التربة وأنواع المجتمعات النباتية والحيوانية التي تعيش في التربة وعلى سطحها.

وبالتالي يمكن تعريف الأراضي الرطبة المشيدة على أنها أراضٍ رطبة من صنع الإنسان تحاكي وظائف الأراضي الرطبة الطبيعية، ولكن في بيئة أكثر تحكماً، والغرض الرئيسي منها هو إدارة المياه وتنقيتها، ويمكن استخدام الأراضي الرطبة المشيدة لمعالجة مياه الصرف الصحي الخام ومياه الأمطار والنفايات السائلة الزراعية والصناعية[١٤٤]. فمثلاً تم تطبيق هذه التقنية في الصين في مشروع حديقة شنغهاي[١٤٥] وكان الهدف من المشروع هو معالجة مياه النهر الملوثة وتنقيتها، وكانت الحديقة بالفعل تقوم بتطهير ٢٤٠٠ متر مكعب يوميًا من المياه الملوثة من المستوى الخامس إلى الثالث.

٢.٢.٣ فوئد الأراضي الرطبة المشيدة

لا تقتصر أهمية الأراضي الرطبة المشيدة على معالجة المياه فقط بل تشمل أيضاً فوائد بيئية مثل توليد الطاقة من الغاز الحيوي، حيث أن النباتات المائية التي تنمو في المصارف الرئيسية والفرعية مثل نبات ورد النيل يمكن الاستفادة منها في توليد الغاز الحيوي, مثل ما تم تطبيقه في مصر من خلال وزارة الري والمعهد القومي لبحوث المياه في مصرف بحر البقر ببحيرة المنزلة, حيث تمت معالجة النفايات السائلة الزراعية وإعادة استخدامها في ري المحاصيل المنتجة[١٤٦]. للأراضي الرطبة المشيدة أثر كبير أيضا في تنقية الهواء مثل مشروع وادي حنيفة الذي فاز بجائزة الأغا خان للعمارة لعام ٢٠١٠م، وأيضا مشروع حديقة البوفيرا للأراضي الرطبة الذي ساعد على التخفيف من آثار تغير المناخ وتأثير الجزر الحرارية[١٤٧].

غالبًا ما يكون بناء الأراضي الرطبة أقل تكلفة من الخيارات التقليدية في معالجة مياه الصرف الصحي ومياه العواصف ونفقات التشغيل الرئيسية، ويمكنها التعامل مع مستويات المياه المتقلبة، على سبيل المثال، في عام

---

[144] Rashed, A. (2005). Constructed Free Surface Wetlands for Drainage Water Treatment – A Case Study in Egypt, ElMansoura. Unpublished Ph.D., Faculty of Engineering Mansoura University, p. 32.

[145] Haron, A. & Feisal, Z. (2019). Constructed Wetland Parks: A Pathway to Sustainability for Cairo. Egypt, Jouranal of Urban Research, Article 5, Volume 36, Issue 1, pp: 61-81.

[١٤٦] وزارة الموارد المائية والري. (٢٠١٧). تقرير حالة البيئة للعام ٢٠١٧. القاهرة, مصر. متاح في:
https://www.eeaa.gov.eg/portals/0/eeaaReports/SoE-2017/Egypt%20SOE%202017%20-%20Full%20Report%20Arabic.pdf (تم الولوج في ٥ مايو ٢٠١٩).

[147] Gaber, R. M. (2020). Implementation of Constructed Wetlands Landscape design: A Resilient Application. Cairo, Egypt. Faculty of Urban & Regional Planning, Cairo University, Journal of Urban Research, Vol. 36. pp: 10-20.

١٩٩٠م كان مديرو مدينة فينيكس في ولاية أريزونا بحاجة إلى تحسين أداء محطة معالجة مياه الصرف الصحي لتلبية معايير جودة المياه الجديدة. بعد أن علموا أن تحسين أدائها قد يتكلف ما يصل إلى ٦٣٥ مليون دولار، بدأ المديرون في البحث عن طريقة أكثر فعالية من حيث التكلفة لتوفير المعالجة النهائية لمياه الصرف الصحي. أشارت دراسة أولية قاموا بها إلى أن نظام الأراضي الرطبة المشيدة من شأنه أن ينظف مياه الصرف بشكل كافي مع تحقيق جميع هذه الفوائد بتكلفة أقل من إعادة تجهيز محطة المعالجة الحالية. ونتيجة لذلك، بدأ مشروع Tres Rios الذي بلغت مساحته ١٢ فدانًا في عام ١٩٩٣م بتلقي حوالي مليوني جالون من مياه الصرف الصحي يوميًا. لا يزال هذا المشروع مزدهرًا، ويعمل أيضاً كمنزل لآلاف الطيور والحياة البرية الأخرى. وبفضل هذا المشروع أصبح هناك المئات من الأراضي الرطبة لمعالجة مياه الصرف الصحي العاملة في الولايات المتحدة[١٤٨].

ذكر (٢٠٠٤) Kaseva أن الأراضي الرطبة يتم تصميمها وإنشاؤها لأربعة أسباب رئيسية هي[١٤٩]:

- لتعويض معدل فقد الأراضي الرطبة الطبيعية الناتج عن الزراعة والتنمية الحضرية (موائل الأراضي الرطبة المشيدة).
- لتحسين نوعية المياه (معالجة الأراضي الرطبة المشيدة).
- لتوفير التحكم في الفيضانات (الأراضي الرطبة المشيدة للتحكم في الفيضانات).
- لاستخدامها في إنتاج الغذاء والألياف (الأراضي الرطبة المشيدة لتربية الأحياء المائية).

وهنا يتضح فوائد الأراضي الرطبة المشيدة[١٥٠] وهي:

---

[148] EPA. (1993). Constructed Wetlands for Wastewater Treatment and Wildlife Habitat: 17 Case Studies. Retrieved from U.S. Environmental Protection Agency, Washington. Available at: https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=200046W7.txt (Accessed on January 6, 2021).

[149] Kaseva, M. E. (2004). Performance of a Subsurface Flow Constructed Wetland in Polishing Pre-Treated Wastewater – a Tropical Case Study. Water Research, Elsevier publishers, Vol. 38, pp. 681-687. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14723937/ (Accessed on Jan. 12, 2019).

[150] Gaber, R. M. (2020). Implementation of Constructed Wetlands Landscape design: A Resilient Application. Cairo, Egypt. Faculty of Urban & Regional Planning, Cairo University, Journal of Urban Research, Vol. 36. pp: 10-20.

١.٢.٢.٣ تخزين المياه والهيدرولوجيا

يمكن استخدام الأراضي الرطبة المُنشأة كهيئات تخزين مؤقتة للمياه لإدارة جريان مياه الأمطار وتوفير الحماية ضد الفيضانات، حيث يتم استخدامها كإسفنجة مائية للتخفيف من آثار كوارث الفيضانات وتنظيم كميات المياه.

٢.٢.٢.٣ تحسين جودة الهواء

الأشجار والنباتات تعمل على تحسين جودة الهواء وتقليل كمية غازات الاحتباس الحراري وأيضاً تقلل من مستويات غاز ثاني أكسيد الكربون.

٣.٢.٢.٣ توفير الطاقة والحفاظ عليها

نظام المعالجة بالأراضي الرطبة المشيدة لا يتطلب استهلاكاً كبيراً للطاقة على عكس نظم المعالجة التقليدية التي لديها معدلات استهلاك مرتفعة. بالإضافة إلى ذلك، تُستخدم بعض الأراضي الرطبة المشيدة لتوليد الطاقة من الغاز الحيوي.

٤.٢.٢.٣ تحسين الموئل وتعزيز التنوع البيولوجي

تعتبر الأراضي الرطبة المشيدة موطنًا ممتازًا للحياة البرية، حيث يوجد بها تنوع واسع من النباتات والحيوانات.

٥.٢.٢.٣ تحسين جودة الحياة

تتجلى القيمة الجمالية في الأراضي الرطبة المشيدة من خلال تصميم المناظر الطبيعية، بحيث يتم دمج المسطحات المائية مع أنواع مختلفة من النباتات جنبًا إلى جنب مع ميزات مختلفة من الهارد سكيب، وبالتالي تلعب دورًا مميزًا في زيادة الفرص الترفيهية.

٦.٢.٢.٣ إنتاج الغذاء

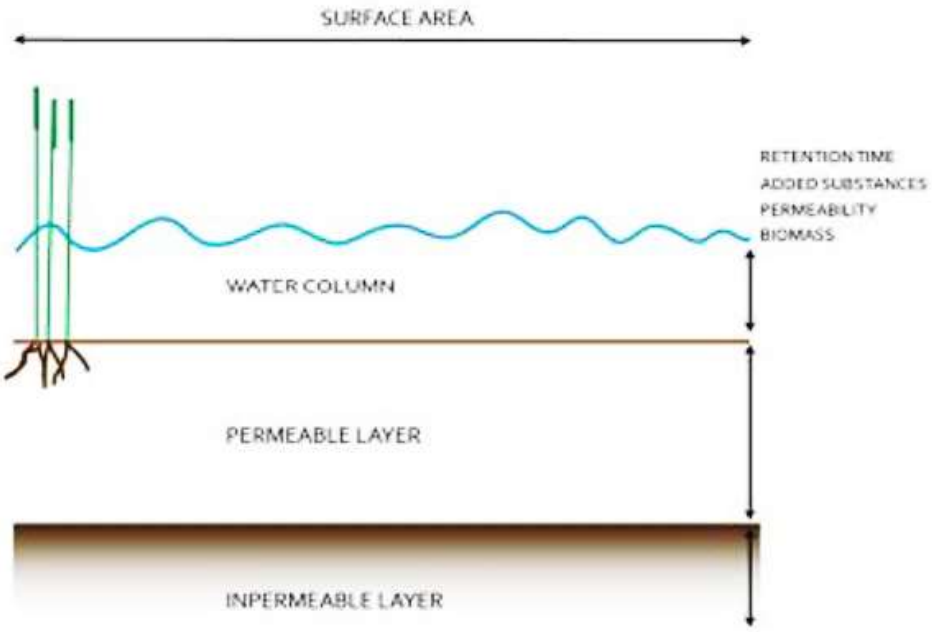
بينما يزداد عدد السكان تزيد النفقات الغذائية، فيمكن أن توفر الأراضي الرطبة المشيدة الكثير من الإمدادات الغذائية من خلال زراعة النباتات المختلفة.

٣,٢,٣ تصنيف الأراضي الرطبة المشيدة

تحاكي الأراضي الرطبة المشيدة ظروف المعالجة المثلى الموجودة في الأراضي الرطبة الطبيعية، ولكنها توفر المرونة في كونها قابلة للإنشاء في أي مكان. يمكن استخدامها لمعالجة مياه الصرف الصحي الأولية والثانوية وكذلك المياه من المصادر الأخرى بما في ذلك مياه الأمطار، وعصارة النفايات، ومياه الصرف الصناعي

والزراعي[١٥١]. فالأراضي الرطبة المشيدة عبارة عن أنظمة حضرية يتم التحكم فيها هندسيًا والتي تستغل العمليات الطبيعية مثل الغطاء النباتي الطبيعي والتربة والكائنات الدقيقة لتحقيق الوظائف المطلوبة[١٥٢] كما هو مبين في شكل ٤٤.

شكل ٤٤: توضيح للفكرة الأساسية والطبقات الرئيسية للأراضي الرطبة المشيدة[١٥٣]



تم تصنيف الأراضي الرطبة المشيدة إلى نوعين رئيسيين هما[١٥٤]:

- الأراضي الرطبة ذات التدفق السطحي (Free water Surface wetland-FWS)
- الأراضي الرطبة ذات التدفق تحت السطحي (Subsurface flow wetland-SSF)

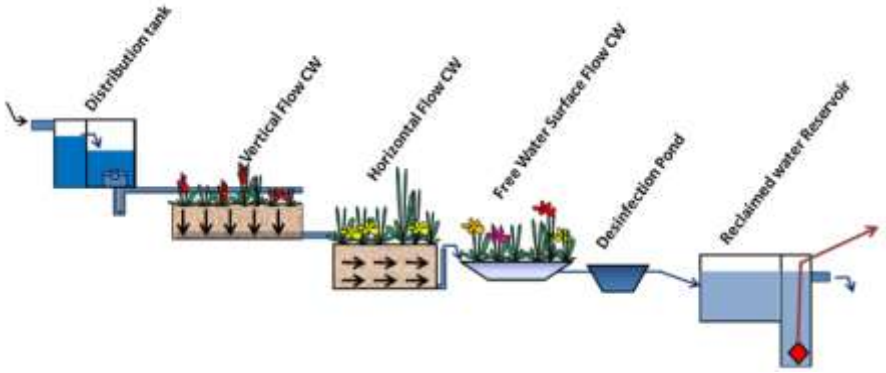
[151] Rashed, A. (2005). Constructed Free Surface Wetlands for Drainage Water Treatment - A Case Study in Egypt, ElMansoura. Unpublished Ph.D., Faculty of Engineering Mansoura University, pp. 32.

[152] Gaber, R. M. (2020). Implementation of Constructed Wetlands Landscape design: A Resilient Application. Cairo, Egypt. Faculty of Urban & Regional Planning, Cairo University, Journal of Urban Research, Vol. 36. pp: 10-20.

[153] Ezeah, C., Reyes, C.A.R. and Gutiérrez, J.F.C. (2015). Constructed Wetland Systems as a Methodology for the Treatment of Wastewater in Bucaramanga, Industrial Park. Colombia, Journal of Geoscience and Environment Protection, 3, p1-14. Available at: http://dx.doi.org/10.4236/gep.2015.33001 (Accessed on June 12, 2021).

[154] Rashed, A. (2005). Constructed Free Surface Wetlands for Drainage Water Treatment - A Case Study in Egypt, ElMansoura. Unpublished Ph.D., Faculty of Engineering Mansoura University, pp. 10.

يتضح مفهوم نظام المعالجة للأراضي الرطبة كسلسلة من التدفق العمودي والتدفق الأفقي وتدفق المياه الحر على سطح الأراضي الرطبة متبوعًا ببركة وخزان[١٥٥] كما في شكل ٤٥.



شكل ٤٥: نظام المعالجة للأراضي الرطبة[١٥٦]

١.٣.٢.٣ الأراضي الرطبة ذات التدفق السطحي الحر (FWS)

تتكون من أحواض بها نباتات من الأراضي الرطبة المزروعة مثل: أعشاب البرك والقصب الشائع والتيفا، تتدفق من خلالها المياه على السطح في أعماق ضحلة نسبيًا، تشبه هذه الأنظمة الأراضي الرطبة الطبيعية في إنشاء موائل الحياة البرية وكذلك معالجة مياه الصرف الصحي[١٥٧].

٢.٣.٢.٣ الأراضي الرطبة ذات التدفق تحت السطحي (SSF)

تتضمن أحواضًا ضحلة أو قنوات بها نباتات الأراضي الرطبة المزروعة أو غيرها من الوسائط المصممة بحيث تتدفق المياه العادمة أفقياً [١٥٨]. وتنقسم الى أراضي رطبة ذات تدفق عمودي، وأراضي رطبة ذات تدفق أفقي وشكل ٤٦ يوضح الفرق بين:

- الأراضي الرطبة ذات التدفق السطحي للمياه

---

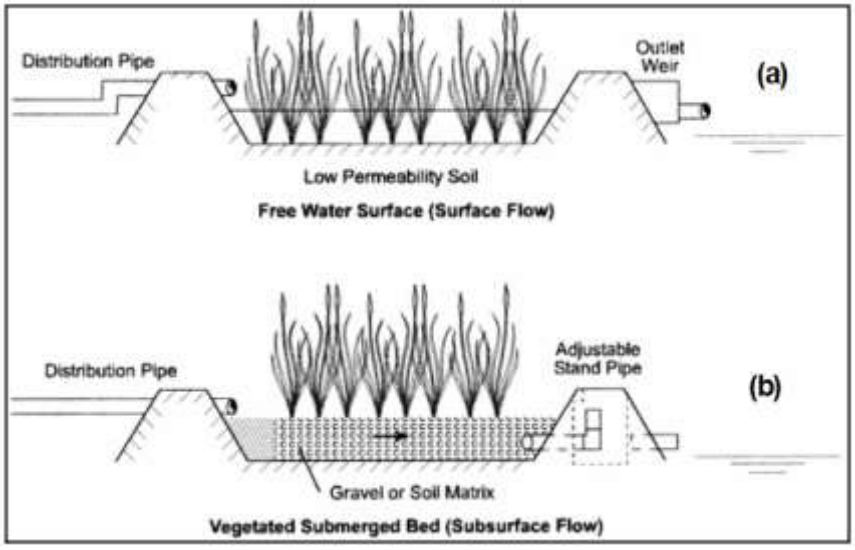
[155] Brix, H., et al. (2010). The flower and the butterfly constructed wetland system at Koh Phi Phi—System design and lessons learned during implementation and operation. Thailand, Ecological Engineering 37(5), pp:729–735. Available at: https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.06.035 (Accessed on May 10, 2022).

[156] Brix, H., et al. (2010). The flower and the butterfly constructed wetland system at Koh Phi Phi—System design and lessons learned during implementation and operation. Thailand, Ecological Engineering 37(5), pp:729–735. Available at: https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.06.035 (Accessed on May 10, 2022).

[157] SSWM. (2018). Free-Water Surface Constructed Wetland. Retrieved from Sustainable Sanitation and Water Management (SSWM), available at: https://sswm.info/ar/node/9635 (Accessed on May 12, 2022).

[158] Moshiri, G.A. (1993). Constructed Wetlands for Water Quality Improvement. Boca Raton, FL, USA. Lewis Publishers, First Edition, pp. 59-68.

- الأراضي الرطبة ذات التدفق تحت السطحي



شكل ٤٦: الفرق بين نوعي التدفق في الأراضي الرطبة المشيدة[١٥٩]

٤.٢.٣ مكونات الأراضي الرطبة المشيدة

ذكرت وزارة الزراعة الأمريكية[١٦٠] بأن الأراضي الرطبة المشيدة تتكون من:

- أنواع الركائز (أنواع مختلفة من التربة والرمل والحصى).
- الهيدرولوجيا والهيدروليك.
- أنواع النباتات.

١.٤.٢.٣ أنواع الركيزة

الركيزة هي الوسائط المستخدمة في بناء الأراضي الرطبة، وتشمل أحد العناصر التالية: الحصى والصخور والمواد العضوية مثل السماد والتربة والرمل. الدعم الأساسي لنمو النباتات الكبيرة والكائنات الدقيقة في الأراضي الرطبة هو التربة، فهي الأساس لتخزين جميع المكونات الحيوية وغير الحيوية الموجودة في الأراضي الرطبة.

---

[159] Rashed, A. (2005). Constructed Free Surface Wetlands for Drainage Water Treatment – A Case Study in Egypt, ElMansoura. Unpublished Ph.D., Faculty of Engineering Mansoura University, p. 32.

[160] U.S. Department of Agriculture (USDA). (2002). Constructed Wetlands. Washington DC, USA. Environmental Engineering National Engineering Handbook, Part 637, Chapter 3, pp: 1-74. Available at: https://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=25905.wba (Accessed on Jan. 12, 2019).

حيث تدعم نمو النبات والميكروبات التي توفر الركائز اللازمة لتحسين جودة المياه في أنظمة معالجة الأراضي الرطبة. [١٦١]

٢.٤.٢.٣ الهيدرولوجيا

تعتبر أحد العوامل المحددة لتكوين الأنواع في الأراضي الرطبة الطبيعية فهي تحدد حالة المياه في الأراضي الرطبة مدى انتشارها[١٦٢]، وتحدد حجم التدفق والتخزين طول الوقت الذي يقضيه الماء في الأراضي الرطبة.

تؤثر الظروف الهيدرولوجية على التربة والمغذيات، والتي بدورها تؤثر على طبيعة الكائنات الحية. تعتبر الهيدرولوجيا عاملاً هاماً لأنها تربط جميع الوظائف في الأراضي الرطبة، ولأنها غالبًا ما تكون العامل الأساسي لنجاحها أو فشلها [١٦٣] وتتحكم العديد من الوظائف الهيدرولوجية والهيدروليكية في كفاءة المعالجة حيث يأتي في المقام الأول أعماق المياه ومعدلات التحميل.

٣.٤.٢.٣ النباتات

نباتات الأراضي الرطبة قادرة على النمو في بيئة تغمرها المياه بشكل متكرر لمدة ٥ أيام أو أكثر خلال موسم النمو. ومع ذلك، فإن غالبية نباتات الأراضي الرطبة تقتصر على عمق مياه أقل من مترين.

صنفت وكالة حماية البيئة الأمريكية[١٦٤] أنواع النباتات التي يتم استخدامها في الأراضي الرطبة المشيدة لمعالجة مياه الصرف الصحي على أنها نباتات ناشئة ونباتات مغمورة ونباتات عائمة.

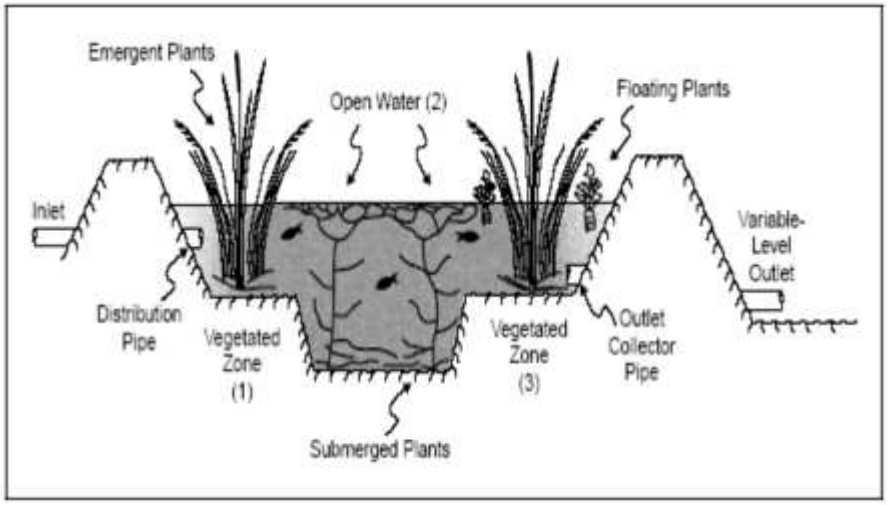
---

[161] Abou-Elela, Sohair. (2017). Constructed Wetlands: The Green Technology for Municipal Wastewater Treatment and Reuse in Agriculture, Unconventional Water Resources and Agriculture in Egypt. The Handbook of Environmental Chemistry, vol 75. Springer, Cham., pp: 189-239. Available at https://doi.org/10.1007/698_2017_69 (Accessed on April 11, 2019).

[162] Rashed, A. (2005). Constructed Free Surface Wetlands for Drainage Water Treatment - A Case Study in Egypt, ElMansoura. Unpublished Ph.D., Faculty of Engineering Mansoura University, p. 32.

[163] Rashed, A. (2005). Constructed Free Surface Wetlands for Drainage Water Treatment - A Case Study in Egypt, ElMansoura. Unpublished Ph.D., Faculty of Engineering Mansoura University, p. 32.

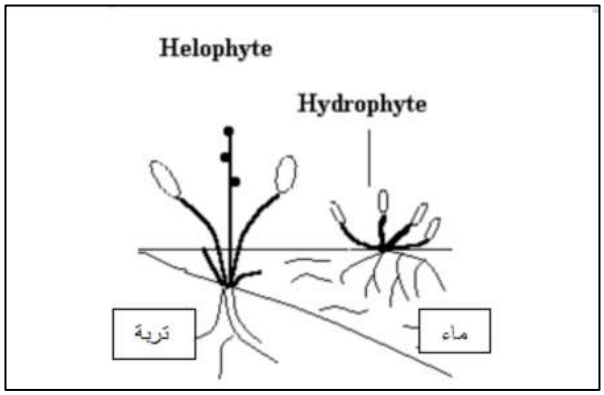
[164] Rashed, A. (2005). Constructed Free Surface Wetlands for Drainage Water Treatment - A Case Study in Egypt, ElMansoura. Unpublished Ph.D., Faculty of Engineering Mansoura University, p. 32.



شكل ٤٧: أنواع النباتات للأراضي الرطبة المشيدة ذات التدفق السطحي الحر[١٦٥]

أ. تصنيف النباتات المستخدمة

تصنف النباتات المستخدمة في الأراضي الرطبة إلى نباتات تعيش في وسط مائي فقط ونباتات تعيش جذورها في تربة ضمن الماء، تُسمي الأولى Hydrophytes والثانية Helophytes [١٦٦].



شكل ٤٨: النباتات في الأراضي الرطبة[١٦٧]

[165] Brix, H., et al. (2010). The flower and the butterfly constructed wetland system at Koh Phi Phi—System design and lessons learned during implementation and operation. Thailand, Ecological Engineering 37(5), pp:729–735. Available at: https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.06.035 (Accessed on May 10, 2022).

[166] Tchobanoglous, G., Stensel, H.D. & Burton, F.L. (2005). Wastewater Engineering Treatment and Reuse. India, Metcalf & Eddy Inc. (Fourth Edition), pp: 1-24. Available at: https://www.academia.edu/en/36512973/Wastewater_Engineering_Treatment_and_Reuse_Fourth_Edition (Accessed on November 5, 2021).

[167] Tchobanoglous, G., Stensel, H.D. & Burton, F.L. (2005). Wastewater Engineering Treatment and Reuse. India, Metcalf & Eddy Inc. (Fourth Edition), pp: 1-24. Available at:

ب. دور النباتات في الأراضي الرطبة المشيدة

تعتبر النباتات جزءًا أساسيًا من الأراضي الرطبة المشيدة فهي مبهجة من الناحية الجمالية وتضيف الخضرة إلى المناطق العمرانية. وهي تعمل على زيادة التنوع البيولوجي بسبب كونها موطناً للحيوانات مثل الطيور والضفادع[١٦٨]. إن النباتات المائية تلعب عدة أدوار في المعالجة، ولكن الدور الرئيسي لها هو عملها كمحفزات لعمليات التنقية، وعملية التنقية تنتج عن مزيج من العمليات الميكروبية والكيميائية والفيزيائية، حيث إن النباتات لا تلعب دوراً مباشراً في إزالة بعض المكونات مثل النيتروجين والفوسفور أو المواد العضوية، ولكن يمكن التخلص من ١٠- ٢٠ % منها أثناء فترة نمو النباتات، وبنفس الوقت فإن النباتات تعطي دعماً فعالاً للنمو البكتيري بمنطقة الجذور[١٦٩]. بالنسبة لمعالجة مياه الصرف الصحي، يتم استخدام الأنواع القوية من النباتات الناشئة، على سبيل المثال القصب الشائع والكاتيل والبردي. بالإضافة إلى الأدوار السابقة، يلعب الغطاء النباتي دورًا حيويًا في معالجة مياه الصرف الصحي[١٧٠]، مثل:

- توفير طبقة أساسية للكائنات الدقيقة، وهو أحد المعالجات الأساسية لملوثات مياه الصرف الصحي
- توفير مصدر للكربون للكائنات الدقيقة
- يقلل الغطاء النباتي العمودي من سرعة التدفق بحيث يمكن التخلص من المواد الصلبة
- امتصاص العناصر الغذائية
- أجزاء من نفايات النبات غير المتحللة تحتفظ ببعض العناصر الغذائية وتتراكم في التربة
- توفير الأكسجين عن طريق إطلاق الأكسجين من جذوره، مما يوفر للكائنات الحية الدقيقة الهوائية موطنًا منخفضًا للتربة.

---

https://www.academia.edu/en/36512973/Wastewater_Engineering_Treatment_and_Reuse_Fourth_Edition (Accessed on November 5, 2021).

[168] Hoffmann, H., et al. (2011). Technology review of constructed wetlands – Subsurface flow constructed wetlands for greywater and domestic wastewater treatment. GmbH, Eschborn, Germany. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), pp:1-36. Available at: https://www.susana.org/en/knowledge-hub/resources-and-publications/library/details/930# (Accessed on Jan. 14, 2022).

[١٦٩] أبو العلا، سلوى. (٢٠١٧). دليل استرشادي لتحسين نوعية المياه في مسار المصارف باستخدام الحشائش المائية. القاهرة، معهد بحوث صيانة القنوات المائية المركز القومي لبحوث المياه، وزارة الموارد المائية والري، ص ص: ٥-١١.

[170] Brix, H., et al. (2010). The flower and the butterfly constructed wetland system at Koh Phi Phi—System design and lessons learned during implementation and operation. Thailand, Ecological Engineering 37(5), pp:729–735. Available at: https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.06.035 (Accessed on May 10, 2022).

- توفير موائل للحياة البرية

بينما بالنسبة للأراضي الرطبة المغمورة بمياه الأمطار، يجب اختيار الأنواع التي تحاكي المجتمعات النباتية الناشئة للأراضي الرطبة الطبيعية المجاورة (الأنواع المحلية)، حيث يتم تكييفها ومن المحتمل أن تؤدي أداءً جيدًا[١٧١].

ج. أنواع النباتات

لاختيار النباتات التي سيتم استخدامها في الأراضي الرطبة المشيدة (معظمها نباتات كبيرة، مثل النباتات المائية التي تنمو في المياه أو بالقرب منها)، يمكن تقديم التوصيات التالية[١٧٢]:

- استخدام الأنواع المحلية وعدم استيراد الأنواع الغريبة التي قد تكون غازية.
- استخدم الأنواع النباتية التي تنمو في الأراضي الرطبة الطبيعية أو ضفاف الأنهار لأن جذورها تتكيف مع النمو في ظروف مشبعة بالمياه.
- يفضل النباتات ذات نظام الجذر الممتد تحت الأرض.
- يجب أن تكون النباتات قادرة على تحمل الصدمات وكذلك فترات الجفاف القصيرة.
- يجب ألا تتطلب النباتات فيضاناً دائماً، ولكن يجب أن تكون قادرة على التعامل مع الفيضانات المؤقتة والتربة التي تغمرها المياه.

توجد أنواع مختلفة من النباتات المستخدمة في معالجة المياه تم تصنيفها ضمن مجموعات وهي: النباتات العائمة ذات الجذور المثبتة في التربة، النباتات ذات الجذور المغمورة والساق والأوراق الظاهرة، النباتات المغمورة بالمياه، النباتات القصبية ذات البنية الخشبية، النباتات القصبية ذات البنية العشبية، والنباتات الطافية ذات الجذور المعلقة.

---

[171] Brix, H., et al. (2010). The flower and the butterfly constructed wetland system at Koh Phi Phi—System design and lessons learned during implementation and operation. Thailand, Ecological Engineering 37(5), pp:729–735. Available at: https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.06.035 (Accessed on May 10, 2022).

[172] Hoffmann, H., et al. (2011). Technology review of constructed wetlands – Subsurface flow constructed wetlands for greywater and domestic wastewater treatment. GmbH, Eschborn, Germany. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), pp:1–36. Available at: https://www.susana.org/en/knowledge-hub/resources-and-publications/library/details/930# (Accessed on Jan. 14, 2022).

ويمكن إجمالاً تصنيف النباتات المائية إلى ثلاثة أنواع وهم نباتات جرفية ومغمورة وعائمة، وتنقسم العائمة إلى عائمة حرة وعائمة ذات جذور ممتدة داخل التربة[١٧٣].

النباتات الجرفية[١٧٤]: هي نباتات جذورها ناشبة بقوة في طين القاع، فهي بوجه عام تنمو داخل القطاع المائي والتي لا يزيد عمق المياه عن متر ونصف، وأغلب ما تتواجد على ميول الترع والمصارف وفي المستنقعات والبرك الضحلة، تستخدم هذه النباتات بشكل شائع لمعالجة المياه، مثل الغاب الفارسي والنسيلة والبردي وغاب حجنة وحلفا وحبق البحر.

النباتات المغمورة: هذه النباتات تنمو وتحيا بجميع أجزائها داخل المياه، بينما تطفو مجموعتها النباتية فوق سطح الماء، ويبقى النبات حر الحركة، وتتدلى الجذور تحت سطح الماء دون أن تصل إلى تربة القاع مثل نبات الهللس ونخشوش الحوت.

النباتات العائمة: هي النباتات التي تنمو بالمسطحات المائية وتكون جذورها وجزء من سيقانها تحت سطح المياه بينما يبدو مجموعها الخضري عائماً فوق سطح المياه. وقد لا تصل جذورها إلى تربة قاع المجري المائي أو ميوله الجانبية ويظل النبات طليق الحركة حاملاً معه مجموعه الجذري مُدلي تحت سطح المياه دون أن يصل إلى تربة القاع مثل نبات ورد النيل وعدس المياه. في هذه الحالة لا يتأثر النبات بعمق المياه، ولكن تعتبر السرعات البطيئة للمياه عاملاً مشجعاً على نموه، ويضم هذا النوع نباتات مثل ورد النيل وعدس المياه والخس المائي[١٧٥].

النباتات الطافية ذات الجذور الممتدة داخل التربة: هذه النباتات الطافية قد تصل جذورها إلى تربة قاع المجري المائي أو ميوله الجانبية حيث يسمح طول الساق بظهور المجموع الخضري فوق سطح المياه ويمتد فوقه مثل نبات الريحان. يتراوح عمق المياه لمثل هذه النباتات بين ٠.٥ إلى ٣ متر تقريباً، وهذه النباتات متكيفة مع حركة المياه ولذلك فهي تتمتع بالمرونة الكافية بالوسط المائي. تتميز هذه النباتات بعمرها القصير (٣٠ – ٥٠ يوماً) ويمكن أن تتجدد دورة حياتها حوالي أربع مرات بالسنة، ومن أمثال هذه النباتات نبات

---

[١٧٣] أبو العلا، سلوى. (٢٠١٧). دليل استرشادي لتحسين نوعية المياه في مسار المصارف باستخدام الحشائش المائية. القاهرة، معهد بحوث صيانة القنوات المائية المركز القومي لبحوث المياه، وزارة الموارد المائية والري، ص ص: ٥-١١.

[١٧٤] أبو العلا، سلوى. (٢٠١٧). دليل استرشادي لتحسين نوعية المياه في مسار المصارف باستخدام الحشائش المائية. القاهرة، معهد بحوث صيانة القنوات المائية المركز القومي لبحوث المياه، وزارة الموارد المائية والري، ص ص: ٥-١١.

[١٧٥] أبو العلا، سلوى. (٢٠١٧). دليل استرشادي لتحسين نوعية المياه في مسار المصارف باستخدام الحشائش المائية. القاهرة، معهد بحوث صيانة القنوات المائية المركز القومي لبحوث المياه، وزارة الموارد المائية والري، ص ص: ٥-١١.

البشنين. في المناخات الباردة تستخدم نباتات مثل القصب الشائع، كاتيل عريض الأوراق، عشب القصب الحلو، أعشاب القصب الكناري، والقزحية الصفراء وغيرها[١٧٦]. وفي المناخات الدافئة مثل مصر تستخدم نباتات مثل نبات البردي (نبات ديكور)، أو نباتات قوية أمام مياه الصرف الصحي شديدة التركيز مثل سرج المظلة (Umbrella sedge)، قزم البردي (Dwarf papyrus)، نباتات ديكور وزينة مثل الخيزران، نبات كاتيل واسع الأوراق وغالبًا ما تكون أكثر مقاومة في الظروف الدافئة من القصب الشائع، مخالب جراد البحر والموز البري، عشب نابير أو عشب الفيل (Pennisetum purpureum) فهي لديها إنتاجية عالية للغاية، سواء كعلف للماشية أو كمحصول وقود حيوي[١٧٧].

٣.٣ حدائق الأراضي الرطبة المشيدة

توفر حدائق الأراضي الرطبة المشيدة مزايا بيئية متنوعة بما في ذلك معالجة المياه والتنوع البيولوجي والزراعة الحضرية وإدارة مياه الفيضانات، جنبًا إلى جنب مع تعزيز مشاركة المجتمع من خلال فرص التعليم وتحسين الشكل الجمالي، وهي تعمل بشكل مستدام على تقليل مستويات تلوث المياه والهواء، وتعزيز الأمن الغذائي وسبل العيش، وحماية الأنواع المختلفة وكذلك تلبية الاحتياجات الثقافية والجمالية والترفيهية.

١.٣.٣ تصميم حدائق الأراضي الرطبة المشيدة

تحمل حدائق الأراضي الرطبة المشيدة تصميماً متعدد الوظائف، يجمع بين الاستخدامات التقليدية للمناظر الطبيعية والأنشطة البشرية والإنتاج. هذا الانسجام المعقد يمكن أن يحقق التوازن بين النظم الإيكولوجية مع التأثيرات البشرية[١٧٨].

---

[176] Hoffmann, H., et al. (2011). Technology review of constructed wetlands – Subsurface flow constructed wetlands for greywater and domestic wastewater treatment. GmbH, Eschborn, Germany. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), pp:1-36. Available at: https://www.susana.org/en/knowledge-hub/resources-and-publications/library/details/930# (Accessed on Jan. 14, 2022).

[177] Hoffmann, H., et al. (2011). Technology review of constructed wetlands – Subsurface flow constructed wetlands for greywater and domestic wastewater treatment. GmbH, Eschborn, Germany. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), pp:1-36. Available at: https://www.susana.org/en/knowledge-hub/resources-and-publications/library/details/930# (Accessed on Jan. 14, 2022).

[178] Haron, A. & Feisal, Z. (2019). Constructed Wetland Parks: A Pathway to Sustainability for Cairo. Egypt, Jouranal of Urban Research, Article 5, Volume 36, Issue 1, pp: 61-81.

وهذه الوظائف المتعددة المعتمدة على التصميم تشمل[١٧٩]:

- تحسين جودة المياه من خلال امتصاص وإزالة الرواسب والمغذيات والملوثات الأخرى.
- تخزين المياه والحماية من الفيضانات.
- تغذية المياه الجوفية.
- إنتاج الغذاء.
- استخدامها من قبل الإنسان (استخدامات جمالية – ترفيهية – تجارية – تعليمية).

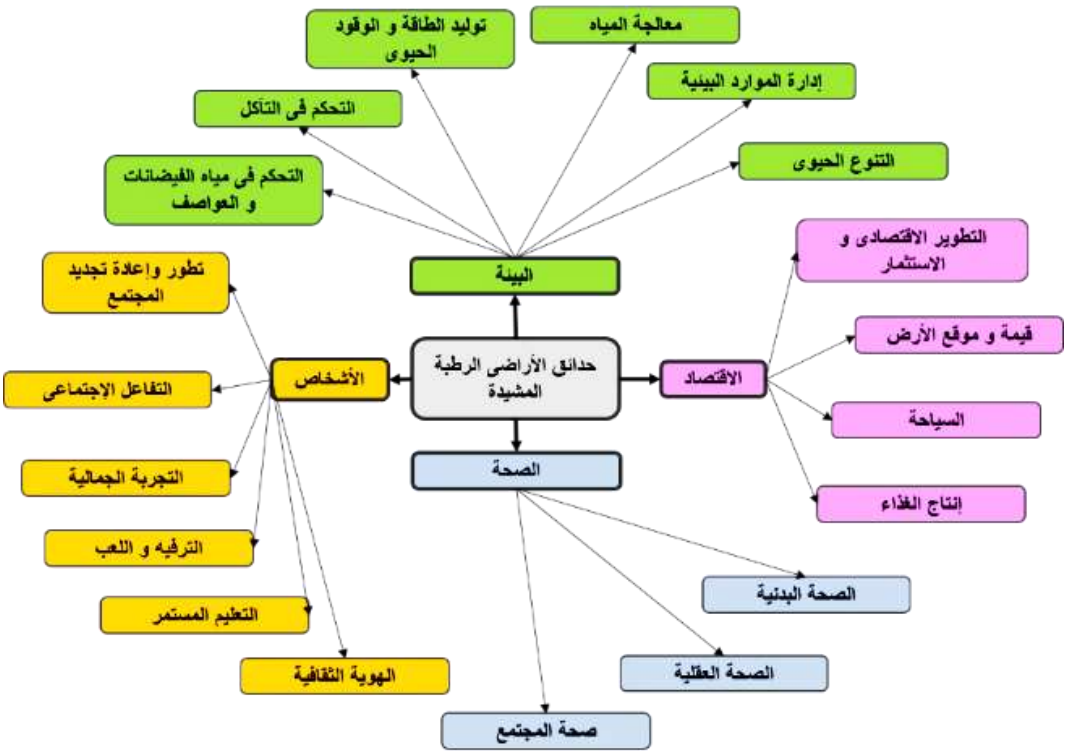
٢.٣.٣ حدائق الأراضي الرطبة المشيدة لتحقيق الاستدامة

حدائق الأراضي الرطبة المشيدة طريقة طبيعية منخفضة التكلفة وفعالة في استخدام الطاقة لمعالجة مياه الصرف الصحي وجريان مياه الأمطار، مع إمكانية تحقيق العديد من الفوائد. توفر حديقة الأراضي الرطبة المشيدة إمكانية دمج الأراضي الرطبة المشيدة في الحدائق وما فيها من أنشطة ترفيهية وقيم جمالية. وهي أيضاً تهتم بمياه الصرف الصحي عالية الجودة التي يمكن إعادة تدويرها لري المناظر الطبيعية أو عزلها في برك جذابة ذات قيمة في جذب الحياة البرية[١٨٠]. كل هذه الفوائد يمكن أن تضع حدائق الأراضي الرطبة المشيدة في فئة المناظر الطبيعية المستدامة، بالإضافة الى أنها تقدم العديد من الفوائد البيئية والاجتماعية والثقافية والاقتصادية التي تعتبر الركائز الأساسية في تحقيق استدامة المدن.

---

[179] Bendoricchio, G., Dal Cin, L. & Persson, J. (2000). Guidelines for free water surface wetland design. Denmark, EcoSys, Bd 8, pp: 51-91. Available at https://www.researchgate.net/publication/268441082_Guidelines_for_free_water_surface_wetland_design (Accessed on September 19, 2022).

[180] Haron, A. & Feisal, Z. (2019). Constructed Wetland Parks: A Pathway to Sustainability for Cairo. Egypt, Jouranal of Urban Research, Article 5, Volume 36, Issue 1, pp: 61-81.



شكل ٤٩: أهمية حدائق الأراضي الرطبة المشيدة للمجتمعات المستدامة[١٨١] (معدل من الباحث)

٣.٣.٣ فوائد حدائق الأراضي الرطبة المشيدة

يمكن أن توفر حدائق الأراضي الرطبة المشيدة فوائد تؤثر على البيئة والاقتصاد والصحة والأشخاص، بالإضافة إلى نظام معالجة المياه البيولوجية، وتعزيز التنوع البيولوجي، والمنافع الاقتصادية والأنشطة الاجتماعية وأنماط الحياة الصحية للمجتمع والوظائف الجمالية والترفيهية. إن المساحات الخضراء الحضرية تساهم في التخفيف من تلوث الهواء والماء والتربة وتحسين المناخ المحلي للمدن والمساهمة في الحفاظ على التنوع البيولوجي، ويقدّر أن كل شجرة مزروعة في موقع استراتيجي بهدف توفير الظل، يمكن أن تؤدي مباشرة إلى خفض انبعاثات الكربون[١٨٢].

[181] Haron, A. & Feisal, Z. (2019). Constructed Wetland Parks: A Pathway to Sustainability for Cairo. Egypt, Jouranal of Urban Research, Article 5, Volume 36, Issue 1, pp: 61-81.

[182] Röbbel, N. (2012). Green Spaces: An Invaluable Resource for Delivering Sustainable Urban Health. USA, United Nations (UN) Chronicle, available at: https://www.un.org/en/chronicle/article/green-spaces-invaluable-resource-delivering-sustainable-urban-health (Accessed on September 18, 2022).

٤.٣ مؤشرات تصميم حدائق الأراضي الرطبة المشيدة[١٨٣]

تم تحديد واختيار مؤشرات تصميم الأراضي الرطبة وتصنيفها وفق ركائز الاستدامة، ثم تصنيف المؤشرات إلى معايير رئيسية ومعايير فرعية. فمثلاً وفقًا للجوانب البيئية الرئيسية هناك: المناخ والاستدامة والتنوع البيولوجي والجوانب المائية، ثم يتم تصنيف كل منها إلى عوامل محددة قابلة للقياس. ثم تأتي الجوانب الاجتماعية والاقتصادية أيضاً وتصنيفهم إلى مجموعة عوامل كما يلي:

١.٤.٣ المؤشرات البيئية:

تم اختيار مجموعة من المؤشرات لقياس تأثير الأراضي الرطبة واستدامتها. تم تصنيف المؤشرات إلى أ جوانب رئيسية وفقًا لنوع التأثير على البيئة على النحو التالي:

- الجوانب المناخية (جودة الهواء – المناخ الحضري الصغير – البصمة الكربونية)
- الاستدامة (الطاقة – المواد – النفايات الصلبة / السائلة – التربة)
- التنوع البيولوجي (تنوع الموائل النباتية والحيوانية)
- المياه (المياه المعاد استخدامها – جودة المياه)

٢.٤.٣ المؤشرات الاجتماعية

- قيم المجتمع (حجم المجتمع المخدوم – وعي المجتمع – قبول المجتمع)
- القيم الاجتماعية (التعليم / التدريب – المشاركة العامة – زيادة الأنشطة الترفيهية والاجتماعية – القيم الاجتماعية والتواصل المضافة)
- القيم الجمالية (القيمة الجمالية المرئية – كفاءة الحد من الرائحة)

٣.٤.٣ المؤشرات الاقتصادية

- القيم الاقتصادية (تحفيز التنمية الاقتصادية – قيمة استخدام الأراضي– المدخرات الاقتصادية – إمكانات الإيرادات الاقتصادية)

[183] Gaber, R. M. (2020). Implementation of Constructed Wetlands Landscape Design: A Resilient Application. Cairo, Egypt. Faculty of Urban & Regional Planning, Cairo University, Journal of Urban Research, Vol. 36. pp: 10-20.

التصنيف	المؤشر	مؤشرات فرعية
بيئي	المياه	– المياه المعاد استخدامها: النسبة المئوية للمياه المعاد استخدامها. – جودة المياه: النسبة المئوية للملوثات التي يتم إزالتها من خلال الأراضي الرطبة المشيدة.
	الطاقة	– الحفاظ على طاقة البناء: النسبة المئوية من الطاقة المحفوظة أثناء مرحلة البناء مقارنة بمحطة المعالجة التقليدية.
	المواد المستخدمة	– المواد المعاد تدويرها: النسبة المئوية للمواد المعاد تدويرها أو الحصول عليها من المواد الموجودة في الموقع. – المواد الخطرة: النسبة المئوية للمواد الخطرة والمواد الكيميائية المستخدمة في عملية معالجة المياه مقارنة بعمليات المعالجة التقليدية.
	جودة الهواء	– تحسن جودة الهواء بسبب زيادة الغطاء النباتي.
	المخلفات	– نوعية وكمية النفايات التي يتم تفريغها أثناء عملية المعالجة.
	البصمة الكربونية	– البصمة الكربونية: كمية ثاني أكسيد الكربون وانبعاثات الغازات الدفيئة الأخرى المرتبطة بمشروع الأراضي الرطبة مقارنة بمحطة المعالجة التقليدية.
	المناخ	– تأثير الجزر الحرارية: النسبة المئوية للانخفاض في تأثير الجزر الحرارية نتيجة زيادة الغطاء النباتي والمسطحات المائية
	التنوع البيولوجي	– عدد أنواع الحيوانات والنباتات التي تم إدخالها إلى الموطن.
اجتماعي	توعية المجتمع	– درجة وعي المجتمع بمشاكل ندرة المياه والتدابير المستدامة المحتملة.
	حجم المجتمع	– عدد الزوار المحتملين لمشروع حديقة الأراضي الرطبة على نطاق زمني محدد.
	القبول الاجتماعي	– درجة قبول المجتمع للمشروع.
	المشاركة العامة	– درجة المشاركة المجتمعية النشطة خلال مراحل المشروع المختلفة.
	التعليم والتدريب	– الخدمات التعليمية والتدريبية التي يقدمها المشروع خلال مراحله المختلفة.
	القيم الاجتماعية	– القيم الاجتماعية والاتصال بين المجتمع المحلي وزوار الحديقة.
	القيم الجمالية	– القيمة الجمالية البصرية للمشروع للمجتمع المحلي. – فعالية الحد من الرائحة.
اقتصادي	إجمالي تكلفة المشروع	– القيمة الحالية لإجمالي التكاليف المرتبطة بتنفيذ المشروع، بما في ذلك تكلفة رأس المال والتشغيل والصيانة.
	قيمة الأرض	– القيمة الاقتصادية للأرض التي يستخدمها المشروع.
	الإنتاجية	– الإيرادات الاقتصادية المحتملة من تنفيذ المشروع.

جدول ٢: مؤشرات تصميم الأراضي الرطبة المشيدة[١٨٤]

[184] Gaber, R. M. (2020). Implementation of Constructed Wetlands Landscape design: A Resilient Application. Cairo, Egypt. Faculty of Urban & Regional Planning, Cairo University, Journal of Urban Research, Vol. 36. pp: 10-20.

٥.٣ الحالات الدراسية

تناقش الرسالة تحليل ثلاث مشاريع مختلفة للأراضي الرطبة من دول ومناطق مناخية مختلفة، تتم مناقشة كل منها بالتفصيل. تم اختيار الحالات الدراسية وفقًا لمجموعة معايير وهي:

- كونها حدائق أراضي رطبة مشيدة
- كونها حدائق متعددة الوظائف ومتنوعة
- في مناطق مناخية مختلفة

١.٥.٣ مشروع تطوير وادي حنيفة بالسعودية

١,١,٥,٣ المقدمة

يعتبر وادي حنيفة أكبر وأهم وادٍ قرب مدينة الرياض بالسعودية، وهو موقع بيئي فريد بطول ١٢٠ كم, ويتراوح عرضه بين ١٠٠ متر في مناطق معينة ويمتد حتى ١٠٠٠ متر في أقصى مناطقه, في حين يتراوح عمق مجرى الوادي بين ١٠ أمتار و١٠٠ متر, وتبلغ مساحته الكلية حوالي ٤٠٠٠ كم٢. بلغت كمية المياه التي تصب في الوادي يومياً حوالي سبعمائة ألف متر مكعب من المياه[١٨٥].

يقع هذا الوادي في قلب هضبة نجد وينحدر من جبال طويغ إلى المنطقة الصحراوية جنوب شرق مدينة الرياض، ويزدهر على ضفاف وادي حنيفة التجمعات السكانية كالبلدات والقرى حيث يعملون بالأنشطة الزراعية كالمشاتل وبساتين النخيل والحبوب والخضروات والفواكه، بالإضافة إلى ما يحتويه الوادي من المنشآت الأثرية والآبار والسدود[١٨٦]. كما كان الوادي يخترق العديد من القرى والمدن، فإنه في الوقت الحالي يخترق البنية العمرانية لمدينة الرياض من الشمال إلى الجنوب، مما جعله يؤثر ويتأثر بكل تلك الكتلة العمرانية في المدينة، وهذا أضاف إليه أهمية كبرى.

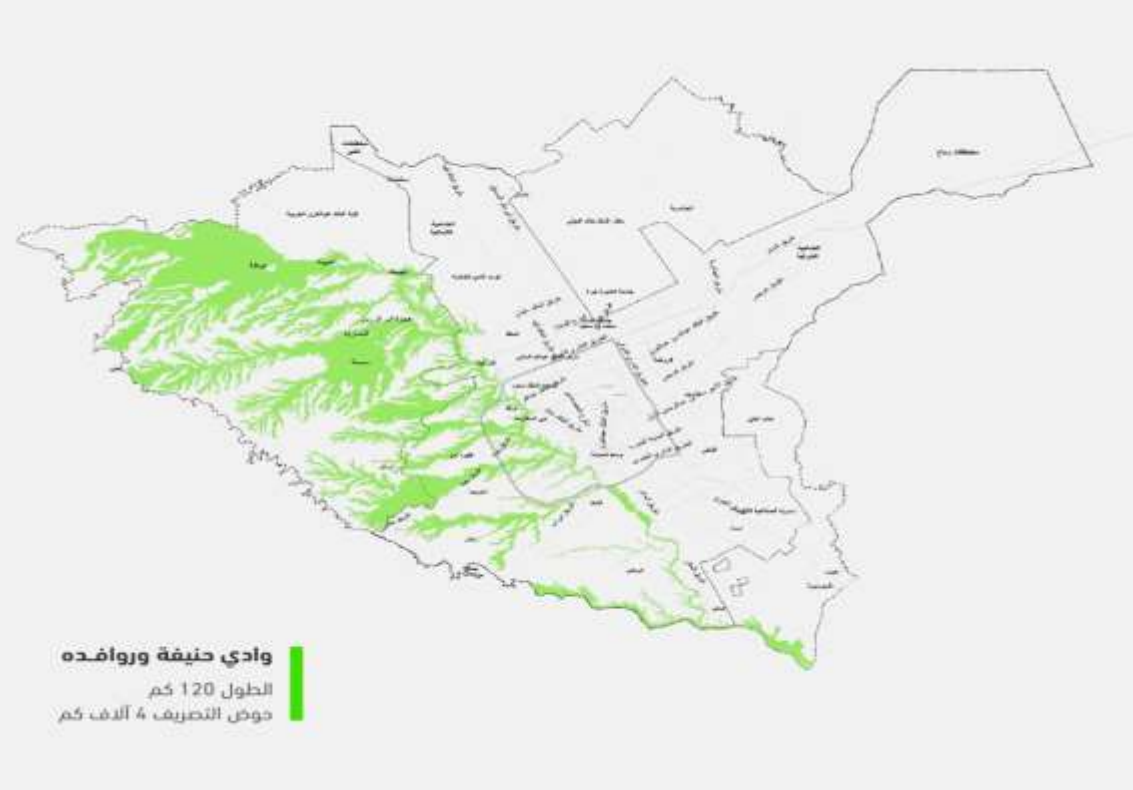
---

[185] Royal Commission for Riyadh City. (2020). Environmental Rehabilitation Program for Wadi Hanifa and its Tributaries. Available at: https://www.rcrc.gov.sa/ar/projects/wadi-hanifah (Accessed on March 30, 2021).

[186] Royal Commission for Riyadh City. (2020). Environmental Rehabilitation Program for Wadi Hanifa and its Tributaries. Available at: https://www.rcrc.gov.sa/ar/projects/wadi-hanifah (Accessed on March 30, 2021).

يرتبط تاريخ المدينة ومستقبلها ارتباطًا وثيقًا بوجود واستدامة وادي حنيفة، حيث كانت واحة في قلب شبه الجزيرة العربية، ثم أُستخدم الوادي كمورد للمياه والغذاء للسكان[١٨٧].

في عام ٢٠٠١م بدأت هيئة تطوير الرياض وضع خطة استراتيجية جديدة لوادي حنيفة، وكانت الأهداف الرئيسية لتلك الخطة تعزيز البيئة في وادي حنيفة وتنشيط الموارد السياحية والترفيهية، كما ركز المشروع على تحسين جودة المياه وأداء الفيضانات وأعمال المناظر الطبيعية[١٨٨]. في عام ٢٠٠٤ تم بدء التنفيذ في الاستراتيجية التطويرية الشاملة بعيدة المدى لتطوير وادي حنيفة بيئياً وسياحياً واستعادة جماله الطبيعي واستصلاح موارده المائية والمحافظة عليها.



شكل ٥٠: موقع مشروع وداي حنيفة داخل مدينة الرياض[١٨٩]

[187] AKDN. (2022). Wadi Hanifa Wetlands. Retrieved from Aga Khan Development Network (AKDN). Available at: https://the.akdn/en/how-we-work/our-agencies/aga-khan-trust-culture/akaa/wadi-hanifa-wetlands (Accessed on June 7, 2022).

[188] Royal Commission for Riyadh City. (2020). Environmental Rehabilitation Program for Wadi Hanifa and its Tributaries. available at: https://www.rcrc.gov.sa/ar/projects/wadi-hanifah (accessed on March 30, 2021)

[189] AKDN. (2022). Wadi Hanifa Wetlands. Retrieved from Aga Khan Development Network (AKDN). Available at: https://the.akdn/en/how-we-work/our-agencies/aga-khan-trust-culture/akaa/wadi-hanifa-wetlands (Accessed on June 7, 2022).

٢.١.٥.٣ التحديات

الوادي في الأصل عبارة عن مجرى طبيعي لتصريف مياه السيول، وكانت أجزاء عديدة من الوادي تُستغل بطريقة جائرة ومدمرة للبيئة, فكانت تُلقى فيه النفايات ومخلفات المصانع وأيضاً يتم تصريف مياه المجاري إليه حتى وصل التدهور إلى أقصى حدوده. بلغت مساحة الصرف أو مستجمعات المياه أكثر من ٤٠٠٠ كم٢ يمتد مسارها من الشمال الغربي إلى الجنوب الشرقي، ويمر عبر المناطق الوسطى والغربية من مدينة الرياض[١٩٠].

شكل ٥١: مدى تدهور وادي حنيفة [١٩١]

٣.١.٥.٣ الهدف من المشروع

كان الهدف من تطوير وادي حنيفة هو إعادة الوادي إلى طبيعته التي تتناسب مع البيئة الصحراوية القاحلة والبيئة العامة في مدينة الرياض السعودية[١٩٢] وتحقيق مجموعة النقاط التالية[١٩٣]:

---

[190] Abdallah, M. S. (2017). Water Pollution and Treatment of Wadi Hanifah (Hanifah Valley). Dhahran, Saudi Arabia. King Fahd University of Petroleum and Minerals, College of Petroleum Engineering & Geosciences, Environmental geology, pp:2-10 (Uid: 201265340). Available at: https://www.researchgate.net/publication/313881446_Water_Pollution_and_Treatment_of_Wadi_Hanifah_Hanifah_Valley (Accessed on March 20, 2021).

[191] Al-Samhouri, W. & Al-Naim, M. (2010). Wadi Hanifa Wetlands. Riyadh, Saudi Arabia. Arriyadh Development Authority. Available at: http://www.landscape.cn/special/Aga-Khan/images/0001.pdf (Accessed on March 20, 2021).

[192] Haron, A. (2020). Integration between Torrent Protection Gray Infrastructures with Constructed Wetland to Achieve Resilience in Ras Gharib. Cairo, Egypt. Journal of Urban Research, Vol. 36, Faculty of Urban & Regional Planning, Cairo University.

[193] Alrabe, M. (2015). The Craving Desert: Story of A Remediated Dump (Wadi Hanifa). Arriyadh, Saudi Arabia. Ecological Urbanism, pp: 10-11. Available at: https://web.mit.edu/nature/projects_14/pdfs/2014-WadiHanifa-Muneerah.pdf (Accessed on June 20, 2022).

- استغلال المياه الجارية (إدارة الطلب على المياه).
- إعادة تأهيل الوادي والمحافظة عليه.
- المحافظة على المواقع التاريخية والتراثية.
- تحقيق التوازن بين البيئة واحتياجات المدينة.

٤.١.٥.٣ منهجية التصميم

تتمثل منهجية التصميم في تحويل مشاكل وتحديات الوادي إلى فرص جديدة للحفاظ على البيئة وحمايتها وتحويلها إلى عنصر قوي في المنطقة، حيث يستند المشروع إلى نظام معالجة طبيعي غير كيميائي، يعتمد على إيجاد البيئة المناسبة في المجرى المائي لتواجد وتكاثر الأحياء الدقيقة التي تستمد غذاءها من المكونات العضوية وغير العضوية في المياه. ويعمل هذا النظام على تكوين دورة كاملة للسلسلة الغذائية الهرمية لمجموعة من الكائنات الحية التي يمكن أن تعيش في المياه، بحيث يكون المصدران الأساسيان في العملية الحيوية هما ضوء الشمس والأكسجين، اللذان يساعدان على نمو الأحياء الدقيقة والطحالب، والتي بدورها يتغذى عليها الكائنات الحية المختلفة المنتشرة في المياه ابتداءًا بالبكتيريا وانتهاءًا بالأسماك والطيور[١٩٤].

شكل ٥٢: انسجام الزوار مع طبيعة المكان[١٩٥]

[194] Royal Commission for Riyadh City. (2020). Environmental Rehabilitation Program for Wadi Hanifa and its Tributaries. Available at: https://www.rcrc.gov.sa/ar/projects/wadi-hanifah (Accessed on March 30, 2021).

[195] Landscape Architecture Foundation. (2015). Wadi Hanifah Comprehensive Development Plan. Available at: https://www.landscapeperformance.org/case-study-briefs/wadi-hanifah (Accessed on July 2, 2022).

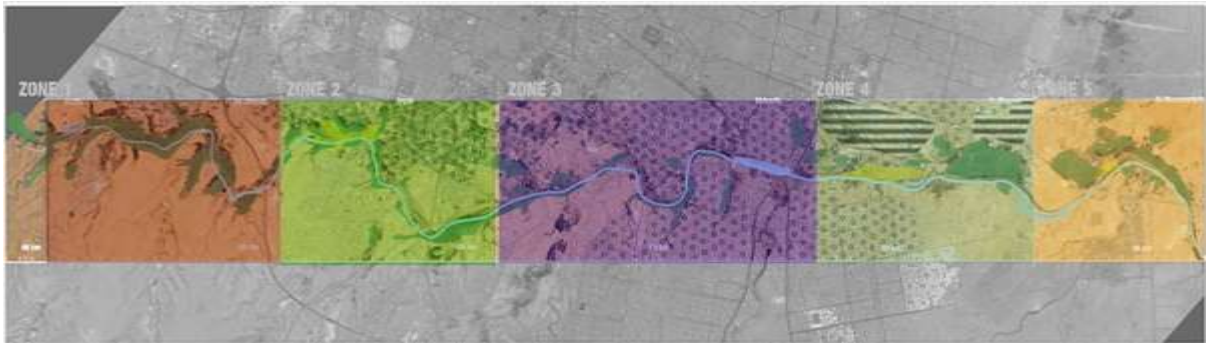
٥.١.٥.٣ تحليل المشروع

قام المشروع باستعادة وتعزيز قدرة الأنظمة الطبيعية على تقديم خدمات متعددة، بما في ذلك تنظيف المياه الملوثة، وتوفير موائل للتنوع البيولوجي وخلق فرص للتجارب الترفيهية والتعليمية والجمالية, وقد جاء اختيار هذا النظام الطبيعي لمعالجة المياه، نتيجة انخفاض كلفته التشغيلية، فضلاً عن كونه وسيلة طبيعية تتلاءم مع بيئة الوادي, وبذلك سيتمكن المشروع من الاستفادة من المياه المصروفة إلى الوادي على مدار العام، عن طريق معالجتها وإعادة استخدامها بشكل آمن في الأغراض الزراعية والصناعية والحضرية[١٩٦].

٦.١.٥.٣ التقسيم الجيولوجي للمشروع

تم تقسيم المشروع إلى خمس مناطق، وذلك لتحديد الخصائص البيئية، ومعالجة مشاكل إدارة المياه، وتطوير خطط استخدام الأراضي، وإعادة تأهيل الوادي، وتطوير نظام من الضوابط والتوازنات للتحكم في الوادي ومراقبته.

المنطقة الأولى والثانية وهي عبارة عن تكوينات جيولوجية صخرية قوية. **المنطقة الثالثة والرابعة** تتكون من أراضي منبسطة وخصبة تمر عبر مدينة الرياض. نظرًا لقربها من المدينة، تعاني هذه المنطقة في الغالب من تصريف النفايات السائلة الثقيلة من القطاع الصناعي. تتكون المنطقة الأخيرة من تكوينات جيولوجية صخرية ناعمة تسمح للوادي بالتوسع إلى حزام أخضر ومنطقة بحيرة كما في هو مبين في
شكل ٥٣, ويتم التركيز على المناطق التي يتم فيها معالجة المياه **(المنطقة الثالثة والرابعة).**



شكل ٥٣: المناطق الخمسة لوادي حنيفة[١٩٧]

[196] Royal Commission for Riyadh City. (2020). Environmental Rehabilitation Program for Wadi Hanifa and its Tributaries. available at: https://www.rcrc.gov.sa/ar/projects/wadi-hanifah (accessed on March 30, 2021)

[197] Alrabe, M. (2015). The Craving Desert: Story of A Remediated Dump (Wadi Hanifa). Arriyadh, Saudi Arabia. Ecological Urbanism, pp: 10-11. Available at: https://web.mit.edu/nature/projects_14/pdfs/2014-WadiHanifa-Muneerah.pdf (Accessed on June 20, 2022).

أ. مناطق التصميم:

تضمن مشروع وادي حنيفة إنشاء ٦ متنزهات مفتوحة هي:

- متنزه سد العلب الذي يحتوي على ممرات للمشاة بطول ٥,٥ كم، وجلسات للمتنزهين تشمل ٩٣ جلسة، ومواقف للسيارات على جوانب الطريق تتسع لـ ٢٠٠ سيارة، إلى جانب ممر مرصوف للمشاة بطول ٢ كم مزود بالإنارة والتشجير.
- ومتنزه سد وادي حنيفة الذي يتميز بـ ٢٧ جلسة للمتنزهين، وممر للمشاة بطول ٥,٦ كم.
- ومتنزه منطقة المعالجة الحيوية والذي يحتوي على ٥٢ جلسة وممرات للمشاة بطول ١١٠٠م.
- ومتنزه السد الحجري الذي تبلغ مساحة بحيرته حوالي ١٠ آلاف م٢ وبعمق يصل إلى مترين، وتم رصف محيط السد بممرات للمشاة بطول ٤,٥ كم، وتنفيذ جلسات للمتنزهين حول البحيرة.
- كما تضم المتنزهات أيضاً متنزه بحيرة المصانع والذي يضم ممرات للمشاة بطول ٤ كم، وجلسات للمتنزهين تبلغ ٢٢ جلسة، فيما تبلغ مساحة البحيرة ٤٠,٠٠٠ م٢، بعمق يصل إلى ١٠م.
- وكذلك متنزه بحيرة الجزعة الذي تبلغ ممرات المشاة المقامة فيه ٥,٥ كم، وزود بعدد ٣٧ جلسة للمتنزهين، فيما بلغت مساحة البحيرة ٣٥ ألف متر مربع، بعمق يصل إلى ثلاثة أمتار[١٩٨].

ب. مستويات المياه:

يحتوي المشروع على ثلاثة مستويات مختلفة من تصريف المياه الجارية، وهي:

- مستوى المياه دائمة الجريان التي تتغذى من شبكات تخفيض المياه الأرضية في المدينة، ومن شبكات تصريف السيول، وأُعدّ لهذا المستوى قناة مفتوحة للمياه دائمة الجريان مدعمّة بالتكوينات الصخرية والهدارات للمساعدة في معالجة المياه، والحفاظ على قدرتها التصريفية طوال العام وذلك بطول ٥٧ كم، وبعرض متسع نسبياً يصل في بعض الأجزاء إلى ستة أمتار وبعمق يبلغ ١,٥م.
- ومستوى السيول الموسمية التي تجري في الوادي في مواسم الأمطار، حيث جرى تسوية بطن الوادي بميل دائم باتجاه الجنوب، وميل عرضي باتجاه القناة الدائمة.

[198] Royal Commission for Riyadh City. (2020). Environmental Rehabilitation Program for Wadi Hanifa and its Tributaries. available at: https://www.rcrc.gov.sa/ar/projects/wadi-hanifah (accessed on March 30, 2021)

- والمستوى الذي يختص بالفيضانات التي تحدث في الدورات المناخية كل ٥٠ سنة تقريباً، ونظراً لكونها نادرة الحدوث، تمثلت تجهيزاتها في وقف تعدي الحيازات الخاصة على مجاري السيول، وإزالة الردميات الضخمة من بطن الوادي والشعاب المغذية له[١٩٩].

ج. معالجة تلوث المياه بالوادي:

تم عمل مرفق للمعالجة الحيوية لمياه الوادي بمواد طبيعية حيث يتكون نظام المعالجة الحيوية الآن من ثلاث حجرات كما في شكل ، بينما كان هناك أربعة في التصميم الأصلي، وتم اختصار إحدى هذه المراحل نظرًا للتكلفة الكبيرة[٢٠٠]. يقع مرفق المعالجة الحيوية الرئيسي شمال تقاطع الطريق السريع الرئيسي (الحافة الجنوبية للمدينة), حيث تبلغ مساحته أكثر من ١٠٠ ألف متر مربع، وتهدف إلى زيادة طول جريان المياه، ومن ثم تزويدها بالهواء لزيادة نسبة الأكسجين فيها، وذلك للمساهمة في نمو الكائنات الحية التي تتخلص من ملوثات المياه[٢٠١]. ويتضمن هذا المرفق سلسلة من السدود والمسابح ومضخات التهوية وخلايا المعالجة الحيوية والركائز الاصطناعية[٢٠٢].

شكل ٥٤: موقع محطة المعالجة الحيوية بوادي حنيفة[٢٠٣] (معدل من الباحث)

---

[199] Royal Commission for Riyadh City. (2020). Environmental Rehabilitation Program for Wadi Hanifa and its Tributaries. available at: https://www.rcrc.gov.sa/ar/projects/wadi-hanifah (accessed on March 30, 2021)

[200] Al-Samhouri, W. & Al-Naim, M. (2010). Wadi Hanifa Wetlands. Riyadh, Saudi Arabia. Arriyadh Development Authority. Available at: http://www.landscape.cn/special/Aga-Khan/images/0001.pdf (Accessed on March 20, 2021).

[201] Royal Commission for Riyadh City. (2020). Environmental Rehabilitation Program for Wadi Hanifa and its Tributaries. Available at: https://www.rcrc.gov.sa/ar/projects/wadi-hanifah (accessed on March 30, 2021).

[202] Arriyadh Development Authority. (2010). Wadi Hanifah Restoration Project. Saudi Arabia. Available at: https://docplayer.net/7729494-Wadi-hanifah-restoration-project-arriyadh-development-authority-moriyama-teshima-buro-happold-march-2010.html (accessed on March 30, 2021).

[203] Google Earth. (2022). Available at: https://earth.google.com/web/@24.59212552,46.70640619,575.968484a,1485.50194303d,35y,88.65806922h,0t,0r (Accessed on September 22, 2022).

المعالجة الحيوية هي مصطلح عام ينطبق على استخدام الوظائف البيولوجية الطبيعية لعلاج مجموعة متنوعة من الأضرار البيئية، لذا فهي طريقة طبيعة لتنظيف المياه. ويمكن إضافة هذه العملية التي تحدث بشكل طبيعي إلى أنظمة الصرف الصحي من خلال إنشاء شبكة غذائية فعالة بيئيًا تتكون من الطحالب والنباتات وأيضًا الكائنات الحية الاستهلاكية (الأسماك والطيور والحشرات وما إلى ذلك) لتتم معالجة الماء على مرحلتين[٢٠٤]: المعالجة الأولية تزيل من ٣٠٪ إلى ٤٠٪ من الملوثات من مياه الصرف الصحي[٢٠٥]، ثم مرحلة المعالجة الثانوية حيث يتم إزالة ما يقدر بنحو ٩٠٪ من الملوثات الموجودة في النفايات. الجزء الأخير من العلاج الثانوي هو إزالة التلوث نهائياً، ويتم ذلك عادةً باستخدام الكلور أو الأوزون لهذه الوظيفة.

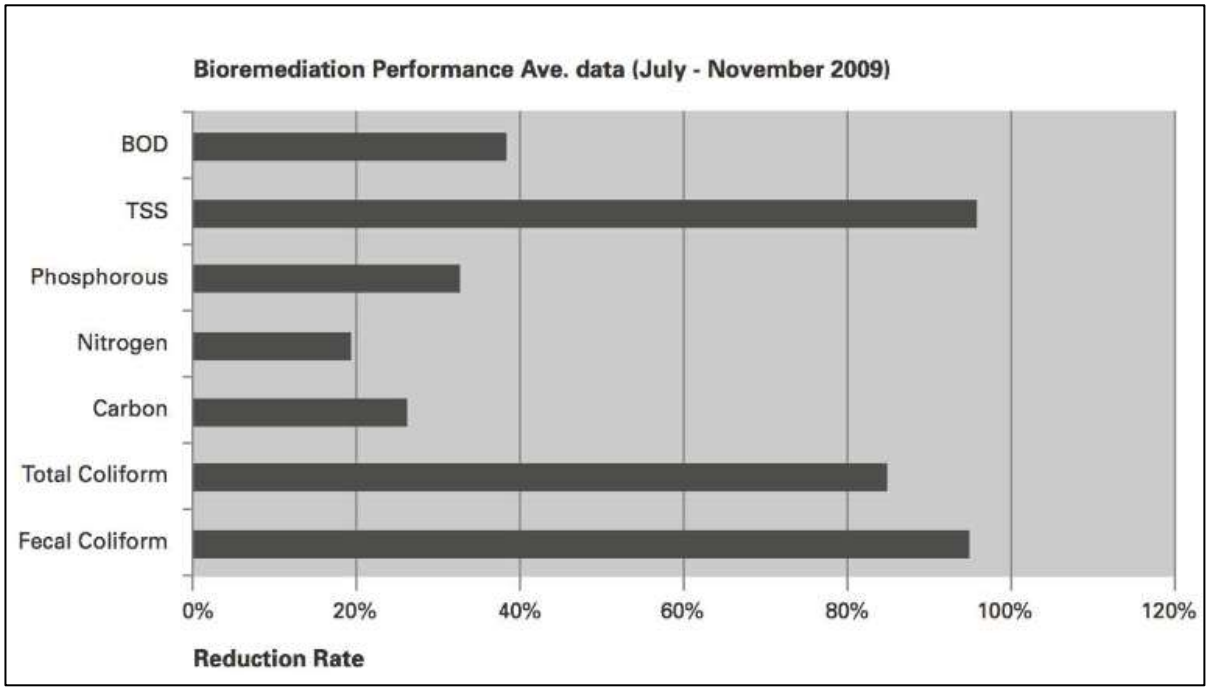
شكل ٥٥: قسم المعالجة الحيوية والمدخل والمخارج[٢٠٦]

[204] Abdallah, M. S. (2017). Water Pollution and Treatment of Wadi Hanifah (Hanifah Valley). Dhahran, Saudi Arabia. King Fahd University of Petroleum and Minerals, College of Petroleum Engineering & Geosciences, Environmental geology, pp:2-10 (Uid: 201265340). Available at: https://www.researchgate.net/publication/313881446_Water_Pollution_and_Treatment_of_Wadi_Hanifah_Hanifah_Valley (Accessed on March 20, 2021).

[205] Keller, E. A. (2011). Environmental Geology. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education, Inc. 9th Edition, pp: 2-12.

[206] Landscape Performance Series. (2015). Riyadh Bioremediation Facility. Retrieved from landscapeperformance.org, available at: https://www.landscapeperformance.org/case-study-briefs/riyadh-bioremediation-facility#/overview (accessed on 9 september 2022).

يتم تنظيف ٣٥٠،٠٠٠ متر مكعب من مياه الصرف الصحي في المناطق الحضرية يوميًا (٢٠١٠) ويُتوقع في عام ٢٠٢٥ تنظيف ١،٢٠٠،٠٠٠ متر مكعب من مياه الصرف الصحي في المناطق الحضرية يوميًا[٢٠٧].



شكل ٥٦: أداء المعالجة الحيوية في عام ٢٠٠٩ [٢٠٨]

يوجد هناك ١٣٤ خلية فردية في نظام المعالجة الحيوية منظمة في ٣ مجموعات رئيسية. هذه الخلايا مسؤولة عن الجزء الأكبر من امتصاص الملوثات. يبلغ معدل التدفق ٨٤.٨ قدمًا مكعبًا تقريبًا في الثانية مع وقت حوالي ٣١ ساعة. تعالج الخلايا الحيوية حاليًا ما يعادل ٩٢ مليون جالون من مياه الصرف الصحي يوميًا[٢٠٩]، حيث تم تكوينها بالترتيب كما في شكل ، وأيضا تم تصميم الخلايا بشكل مسنن بحيث يكون لها نفس كمية المياه المتدفقة في نفس الوقت وللحفاظ على الماء داخل الخلايا لأطول فترة ممكنة، حتى تعمل الأجزاء

---

[207] Arriyadh Development Authority. (2010). Wadi Hanifah Restoration Project. Saudi Arabia. Available at: https://docplayer.net/7729494-Wadi-hanifah-restoration-project-arriyadh-development-authority-moriyama-teshima-buro-happold-march-2010.html (accessed on March 30, 2021).

[208] Landscape Performance Series. (2015). Riyadh Bioremediation Facility. Retrieved from landscapeperformance.org, available at: https://www.landscapeperformance.org/case-study-briefs/riyadh-bioremediation-facility#/overview (accessed on 9 september 2022).

[209] Landscape Performance Series. (2015). Riyadh Bioremediation Facility. Retrieved from landscapeperformance.org, available at: https://www.landscapeperformance.org/case-study-briefs/riyadh-bioremediation-facility#/overview (accessed on 9 september 2022).

المختلفة من الخلية على تقليل كمية التلوث بالماء[٢١٠] وهذا التصميم مناسب من وجهة نظر المصمم لضمان معالجة المياه.

شكل ٥٧: الخلايا في نظام المعالجة الحيوية[٢١١]

د. مسار المياه:

تم تصميم مسار المياه على طول الوادي بطريقة تسمح للجمهور بالتفاعل مع المياه. ونظراً لأن المياه المتدفقة في الوادي في المنطقة الأولى والثانية مياه سيول ولا تحمل قدراً كبيراً من الملوثات، فقد اكتفي المصمم بتبطينها بالحجارة الطبيعية لنمو الكائنات الحية الدقيقة التي تتغذى على المواد العضوية العالقة في الماء وتحولها إلى مواد غير ضارة[٢١٢]

وأيضا وضع المصمم أحجاراً في الممر المائي للتحكم في سرعة تدفق المياه ولزيادة نسبة الأكسجين في الماء. بحيث توضع عند مدخل ومخرج كل خلية جنبا الى جنب مع المضخات والأنابيب المثقبة للتهوية، وللحصول على مستويات كافية من الأكسجين المذاب لدعم إزالة البكتريا والملوثات.

---

[210] Al-Samhouri, W. & Al-Naim, M. (2010). Wadi Hanifa Wetlands. Riyadh, Saudi Arabia. Arriyadh Development Authority. Available at: http://www.landscape.cn/special/Aga-Khan/images/0001.pdf (Accessed on March 20, 2021).

[211] Landscape Performance Series. (2015). Riyadh Bioremediation Facility. Retrieved from landscapeperformance.org, available at: https://www.landscapeperformance.org/case-study-briefs/riyadh-bioremediation-facility#/overview (accessed on 9 september 2022).

[212] Royal Commission for Riyadh City. (2020). Environmental Rehabilitation Program for Wadi Hanifa and its Tributaries. Available at: https://www.rcrc.gov.sa/ar/projects/wadi-hanifah (accessed on March 30, 2021).

شكل ٥٨: مسار المياه[٢١٣]

هـ. المواد المستخدمة:

استخدمت الأحجار والمواد الطبيعية كجزء من التصميم من أجل بناء مرفق المعالجة الحيوية، وتراصت الأحجار في صورة سلسلة من السدود الحجرية الطبيعية لإدخال الأكسجين في المياه أثناء مرورها مما يساعد على تقليل كمية التلوث في الوادي، وكأداة للتحكم في سرعة المياه لتحقيق أعلى مستوى من تنقية المياه[٢١٤].

شكل ٥٩: استخدام الأحجار الطبيعة في التشكيل[٢١٥]

[213] Royal Commission for Riyadh City. (2020). Environmental Rehabilitation Program for Wadi Hanifa and its Tributaries. Available at: https://www.rcrc.gov.sa/ar/projects/wadi-hanifah (accessed on March 30, 2021).

[214] Al-Samhouri, W. & Al-Naim, M. (2010). Wadi Hanifa Wetlands. Riyadh, Saudi Arabia. Arriyadh Development Authority. Available at: http://www.landscape.cn/special/Aga-Khan/images/0001.pdf (Accessed on March 20, 2021).

[215] AKDN. (2008). Aga Khan Award for Architecture, AKAA, Wadi Hanifa Wetlands, 2008-2010 Cycle, Available at: https://www.akdn.org/architecture/project/wadi-hanifa-wetlands (Accessed on July, 3, 2021)

و. الأنشطة وعلاقتها بمسار المياه (Public Recreational Areas):

تم تصميم مسار المياه على طول الوادي بطريقة تسمح للجمهور بالتفاعل مع المياه.

شكل ٦٠: تفاعل الجمهور مع المياه[٢١٦]

وعزز التصميم فكرة أن لكل أسرة مقصورة عائلية خاصة بها في شكل أقسام شبه مغلقة يمكنهم الاستمتاع بها طوال اليوم دون أن تزعجهم العائلات الأخرى[٢١٧].

شكل ٦١: أماكن الجلوس والمقصورات العائلية[٢١٨]

[216] Arriyadh Development Authority. (2010). Wadi Hanifah Restoration Project. Saudi Arabia. Available at: https://docplayer.net/7729494-Wadi-hanifah-restoration-project-arriyadh-development-authority-moriyama-teshima-buro-happold-march-2010.html (accessed on March 30, 2021).

[217] Al-Samhouri, W. & Al-Naim, M. (2010). Wadi Hanifa Wetlands. Riyadh, Saudi Arabia. Arriyadh Development Authority. Available at: http://www.landscape.cn/special/Aga-Khan/images/0001.pdf (Accessed on March 20, 2021).

[218] Arriyadh Development Authority. (2010). Wadi Hanifah Restoration Project. Saudi Arabia. Available at: https://docplayer.net/7729494-Wadi-hanifah-restoration-project-arriyadh-development-authority-moriyama-teshima-buro-happold-march-2010.html (accessed on March 30, 2021).

ز. مسارات المشاة:

تم تصميم مسارات المشاة بطريقة تسمح للجمهور بالوصول إلى الأماكن ذات الأهمية بسهولة، حيث بلغ طول ممرات المشاة ٤٧ كم، وطول الممرات المرصوفة ٧.٤ كم. تتكون ممرات المشاة من مسارات ترابية مرصوفة بشكل يسمح بالحركة الراجلة، وعربات الأطفال والمعاقين، وهي محمية بأكتاف من التكوينات الصخرية تعمل كمحددات للممرات، ومزودة بأماكن للجلوس ومواقع مهيأة كاستراحات للتنزه.

شكل ٦٢: مسارات المشاة داخل الوادي

ح. العناصر النباتية:

انطلقت عملية إعادة الغطاء النباتي في مشروع تأهيل وادي حنيفة على عدد من الأسس، من أبرزها: إعادة غرس النباتات التي سبق أن كانت من مكونات الوادي في السابق (عملية التجنيس)، حيث تم جمع هذه العينات من الأجزاء غير التالفة من الوادي وأعيد نموها وإيوائها في الصوبة لتكوين عائلات جديدة من هذه الأنواع. تم زراعة أكثر من ٣٥٥٠٠ شجرة تظليل و ٦٠٠٠ شجرة نخيل و ٢٠٠٠ شجرة أكاسيا وإجمالي ٥٠٠٠٠ شجيرة تغطي أكثر من ٧٠ كم من أحواض الوادي، وأيضا زراعة ٣٥ فدانًا بالأعشاب المحلية المصنفة والنباتات المعمرة. تشتمل المنطقة المعاد تجنيسها على ١٨٠٥ خلية زراعة في ٣٥ تكوينًا متميزًا بما في ذلك ٢٨٠٢١ شجرة (من ٧ أنواع أو أصناف مختلفة)؛ ٤٠١٦٦ شجيرة (٢٠ نوعًا مختلفًا)؛ ٤٤٧١٩ عشب (٨ أنواع)؛ و٣٣.٥ فدان أعشاب[٢١٩]، (ولكن لم تتحصل الباحثة على معلومات بتوزيع النباتات).

[219] Arriyadh Development Authority. (2010). Wadi Hanifah Restoration Project. Saudi Arabia. Available at: https://docplayer.net/7729494-Wadi-hanifah-restoration-project-arriyadh-development-authority-moriyama-teshima-buro-happold-march-2010.html (accessed on March 30, 2021).

شكل ٦٣: جمع النباتات وإعادة إيوائها في الصوبة لتكوين نباتات جديدة[٢٢٠]

[220] Arriyadh Development Authority. (2010). Wadi Hanifah Restoration Project. Saudi Arabia. Available at: https://docplayer.net/7729494-Wadi-hanifah-restoration-project-arriyadh-development-authority-moriyama-teshima-buro-happold-march-2010.html (accessed on March 30, 2021).

٧.١.٥.٣ دراسة SWOT (نقاط القوة والضعف والفرص والتهديدات) لمشروع وادي حنيفة:

شكل ٦٤: دراسة SWOT لمشروع وادي حنيفة (من صياغة الباحث)

٨.١.٥.٣ فوائد المشروع[٢٢١]

من خلال دراسة المشروع نجد أنه حقق فوائد اقتصادية واجتماعية وبيئية عديدة:

أ. الجانب البيئي

تم إزالة ١٧.٧ مليون قدم مكعب من النفايات الصناعية والبلدية، وزيادة الموائل النهرية من خلال زراعة ١١٥ فدانًا بأنواع نباتية محلية و٣٥ فدانًا بأعشاب محلية مصنفة ومعمرة من خلال التكاثر الذاتي، وتوسعت هذه

[221] Landscape Architecture Foundation. (2015). Wadi Hanifah Comprehensive Development Plan. Available at: https://www.landscapeperformance.org/case-study-briefs/wadi-hanifah (Accessed on July 2, 2022).

المناطق بمقدار ٤٧ فدانًا إضافيًا بين عامي ٢٠١٠ و٢٠١٥. يدعم الوادي ١٥ نوعًا من الطيور و٩ أنواع من الأسماك و٣ أنواع من الرخويات ونوعين من البرمائيات و٣ أنواع من الزواحف. يقلل الوادي من استهلاك مياه الشرب في أغراض الري بمقدار ٩٢.٥ مليون جالون يوميًا بسبب استخدام مياه الصرف الصحي الحضرية المعالجة بيولوجيًا لمرافق الحدائق والري.

ب. الجانب الاقتصادي

يوفر المشروع حوالي ٢٧ مليون دولاراً في اليوم، هي تكلفة ٢٥٣٠٠٠ برميل من النفط ستكون مطلوبة لتحلية المياه في الوادي، كما قلل المشروع الاعتماد على مياه البحر كمصدر للمياه وبالتالي قلت التكلفة الموضوعة لتحلية مياه البحر. حقق المشروع إيرادات زراعية من استخدام المياه النقية، وأصبح هناك إنتاج سمكي في البحيرات والمزارع السمكية المحيطة بالوادي، وأيضاً أدى هذا المشروع إلي ارتفاع قيمة العقارات المجاورة.

ج. الجانب الاجتماعي

أصبح الوادي مكاناً يتمتع به أهالي وزوار الرياض لقضاء الوقت بصحبة الأسرة أو الأصدقاء لما به من مرافق عامة وممرات مشاه وتشجير وجلسات وأماكن للشواء. يعتبر هذا المشروع نموذجًا لتكامل البنية التحتية الرمادية مع البنية التحتية الخضراء، وذلك نتيجة التخطيط المتكامل والتصميم المميز بما يتناسب مع الطبيعة الموجودة في هذه المنطقة الصحراوية. يجذب الموقع حوالي ٢٠٠ ألف زائر أسبوعياً[٢٢٢]، ويعيد ترسيخ الأهمية الاجتماعية والثقافية والترفيهية للوادي لسكان الرياض.

[222] Trottier, J., et al. (2015). Wadi Hanifah Comprehensive Development Plan: Methods Document. Landscape Performance Series, Case Study Brief. Available at: https://www.landscapeperformance.org/sites/default/files/Wadi%20Hanifah%20Methods_0.pdf (Accessed on September 15, 2022).

٩.١.٥.٣ تقييم المؤشرات العامة لنجاح مشروع وادي حنيفة في تحقيق أبعاد الاستدامة:

التصنيف	المؤشر	مؤشرات فرعية	نوع القياس	النتائج
بيئي	المياه	– المياه المعاد استخدامها: النسبة المئوية للمياه المعاد استخدامها. – جودة المياه: النسبة المئوية للملوثات التي يتم إزالتها من خلال الأراضي الرطبة المشيدة.	كمي	– يقلل الوادي من استهلاك مياه الشرب في أغراض الري بمقدار ٩٢.٥ مليون جالون يوميًا بطاقة ٣١٧ مليون جالون يومياً مقدرة بحلول عام ٢٠٢٥، مقارنة بـ ١.٥ حوض استحمام لكل ساكن في الرياض يومياً. – يتم تنظيف ٣٥٠.٠٠٠ متر مكعب من مياه الصرف الصحي في المناطق الحضرية يوميًا (٢٠١٠). – يتم تنظيف ١.٢٠٠.٠٠٠ متر مكعب من مياه الصرف الصحي الحضرية يوميًا في عام ٢٠٢٥. – يزيل نظام المعالجة ٣٣٪ من الفوسفور، ١٣.٥٪ نيتروجين، و٩٤٪ من الجسيمات العالقة في المتوسط من مياه الصرف الصحي الحضرية.
	الطاقة	– الحفاظ على طاقة البناء: النسبة المئوية من الطاقة المحفوظة أثناء مرحلة البناء مقارنة بمحطة المعالجة التقليدية.	كمي	غير متوفر بيانات
	المواد المستخدمة	– المواد المعاد تدويرها: النسبة المئوية للمواد المعاد تدويرها أو الحصول عليها من المواد الموجودة في الموقع. – المواد الخطرة: النسبة المئوية للمواد الخطرة والمواد الكيميائية المستخدمة في عملية معالجة المياه مقارنة بعمليات المعالجة التقليدية.	كمي	– تم بناء مرفق العلاج الحيوي بمواد طبيعية. – إعادة إنشاء المناظر الطبيعية في الصحراء. – إنشاء سلسلة من السدود الحجرية الطبيعية.
	المخلفات الصلبة والسائلة	– نوعية / كمية النفايات التي يتم تفريغها أثناء عملية المعالجة.	كمي/كيفي	– إزالة ١٧.٧ مليون قدم مكعب من النفايات الصناعية والبلدية من مساحة ٤ أميال مربعة، وهو ما يكفي لملء ملعب كرة قدم. – بلغ تركيز المواد الصلبة العالقة ٣٠ مجم/لتر.
	البصمة الكربونية	– البصمة الكربونية: كمية ثاني أكسيد الكربون وانبعاثات الغازات الدفيئة الأخرى المرتبطة بمشروع الأراضي الرطبة مقارنة بمحطة المعالجة التقليدية	كمي	– يتم حجز ٨٩١٤٤.٩ رطلاً من الكربون الجوي سنويًا في ٢٨.٠٢١ شجرة مزروعة حديثًا.
	جودة الهواء	– جودة الهواء: تحسن جودة الهواء بسبب زيادة الغطاء النباتي	كمي	– إجمالي المساحة النباتية الجديدة = ١٤٩.٨ فدانًا، النسبة المئوية للمساحة النباتية = ٤.٠٪
	التنوع البيولوجي	– عدد أنواع الحيوانات والنباتات التي تم إدخالها إلى الموطن.	كمي	– يدعم الوادي ١٥ نوعًا من الطيور، و٩ أنواع من الأسماك، و٣ أنواع من الرخويات، ونوعين من البرمائيات، و٣ أنواع من الزواحف. – إعادة تجنيس ١١٥ فدانًا بأنواع نباتية محلية و٣٥ فدانًا بالأعشاب المحلية المصنفة والنباتات المعمرة لتحسين الموائل النهرية. بين عامي ٢٠١٠ و٢٠١٥ نمت هذه المناطق بمقدار ٤٧ فدانًا من خلال التكاثر الذاتي.
اجتماعي	توعية المجتمع	– درجة وعي المجتمع بمشاكل ندرة المياه والتدابير المستدامة المحتملة	كيفي	غير متوفر بيانات
	حجم المجتمع	– عدد الزوار المحتملين لمشروع حديقة الأراضي الرطبة على نطاق زمني محدد	كمي	– يجذب الوادي ٢٠٠ ألف زائر أسبوعياً
	القبول الاجتماعي	– درجة قبول المجتمع للمشروع	كيفي	– نال هذا المشروع إعجاب كثير من الزوار وأيضاً المختصين والخبراء في مختلف دول العالم حيث حصل على العديد من الجوائز: – فاز المشروع بالجائزة الذهبية في جانب "المشاريع البيئية" المقدمة من مؤسسة الجائزة العالمية للمجتمعات الحيوية في لندن ببريطانيا لعام ٢٠٠٧, كما فاز بجائزة الأغا خان للعمارة لعام ٢٠١٠.
	المشاركة العامة	– درجة المشاركة المجتمعية النشطة خلال مراحل المشروع المختلفة.	كيفي	غير متوفر بيانات
	التعليم والتدريب	– الخدمات التعليمية والتدريبية التي يقدمها المشروع خلال مراحله المختلفة.	كيفي	– حسب الخطة المستقبلية للمشروع سيتم إنشاء مركز زوار تعليمي داخل حدود الوادي، سيركز هذا المركز على الجانب التعليمي والاجتماعي باستخدام مقاطع فيديو وبرامج تفاعلية لإظهار مدى أهمية الوادي.
	القيم الاجتماعية	– القيم الاجتماعية والاتصال بين المجتمع المحلي وزوار الحديقة.	كيفي	– هذا التصميم يتناسب مع طبيعة المكان وزواره وبالتالي نال قبولاً من المجتمع
	القيم الجمالية	– القيمة الجمالية البصرية للمشروع للمجتمع المحلي	كيفي	– القيم الجمالية للمشروع تتناسب مع الطبيعة الموجودة في هذه المنطقة الصحراوية.
		– فعالية الحد من الرائحة		– لا تتولد أي روائح كريهة بسبب ارتفاع متوسط تركيز الأكسجين المذاب في مجرى المياه.
اقتصادي	إجمالي تكلفة المشروع	– القيمة الحالية لإجمالي التكاليف المرتبطة بتنفيذ المشروع، بما في ذلك تكلفة رأس المال والتشغيل والصيانة.	كمي	– بلغت تكلفة المشروع الإجمالية حوالي ٦٠٠ مليون ريال.
	قيمة الأرض المستخدمة	– القيمة الاقتصادية للأرض التي يستخدمها المشروع مقابل استخدامها للتطويرات الأخرى.	كمي	– القيم العقارية على طول الوادي ارتفعت بمقدار عشرة أضعاف. – ازدادت القيمة الاقتصادية للمزارع والمناطق القائمة على الوادي، مما أضاف مردوداً اقتصادياً على أصحاب المزارع وارتفاع الجوانب التخطيطية في البناء والتعمير بفضل مشروع التأهيل البيئي. – يوجد على طول الوادي مقاهي متنوعة ومتاجر لخدمة المتنزهين والرياضيين ومراكز صيانة.
	الإنتاجية	– الإيرادات الاقتصادية المحتملة من تنفيذ المشروع.	كمي	غير متوفر بيانات

جدول ٣: مؤشرات الاستدامة لمشروع وادي حنيفة (الجدول من صياغة الباحث)

١٠.١.٥.٣ نتائج دراسة مشروع وادي حنيفة

- تم تقسيم المشروع تقسيم عرضي وذلك حسب طبيعة الموقع الجيولوجية.
- توفير معالجة المياه مع إنشاء مكان جذب عام حيث تم تصميم معالجة المياه في المنطقة الثالثة والرابعة في المشروع حيث إنها المكان الذي تصب فيه المخلفات والنفايات.
- استعادة التنوع البيولوجي المحلي للحيوانات والنباتات عن طريق إعادة غرس النباتات التي سبق أن كانت من مكونات الوادي في السابق.
- استخدام الصخور في التصميم للمساعدة في تزويد المياه بالأكسجين من أجل القضاء على البكتيريا والملوثات.
- استخدمت الأحجار الطبيعية والمواد المحلية كجزء من التصميم.
- إثراء القيمة الجمالية للحديقة (ميزات الصخور لإضفاء طابع طبيعي مثير للاهتمام – زراعة أشجار النخيل الأصلية وأنواع نباتات الزينة الأصلية المختلفة).
- تصميم البحيرات والبرك والمتنزهات للأغراض الترفيهية، حيث تتواجد بعد معالجتها في منطقة المعالجة الحيوية وذلك لسماح الجمهور بالتفاعل معها.
- لم يهتم التصميم بتوفير مساحة كافية لأنشطة الأطفال رغم مساحته الهائلة فتقتصر على الأنشطة المائية.

٢.٥.٣ حديقة ويليو للأراضي الرطبة (Weiliu Wetland Park)

١.٢.٥.٣ المقدمة

يقع هذا المشروع في مدينة شيانيانغ في الصين على مساحة ٢٩٨ فدان، ويبلغ طوله حوالي ٣٢٠٠ متراً وعرضه ٤٧٠ متراً. يقع المشروع بين نهر وي في الجنوب والمدينة في الشمال على سهل فيضاني طبيعي[٢٢٣].

شكل ٦٥: موقع مشروع حديقة ويليو بالصين[٢٢٤]

٢.٢.٥.٣ التحديات[٢٢٥]

كان لموقع المشروع عدة قضايا رئيسية مرتبطة به على مدى زمني طويل، منها تغيير السهول الفيضية الطبيعية بشكل كبير بسبب البناء الحضري السريع، مما وضع المزيد من ضغط الفيضانات على الموقع. كما لعب هذا التحول الحضري السريع للمنطقة المجاورة لمصب النهر دوراً في فقدان كبير للموئل المحلي وضعف التنوع البيولوجي. كان الجانب الشمالي من الموقع على ارتفاع أعلى من باقي المناطق، وتم استعمال معظم الأراضي المتاخمة كمشاتل، بينما يتم استخدام قطع أخرى كحدائق للخضروات وبرك لنبات اللوتس من قبل

[223] Holmes, D. (2019). Weiliu Wetland Park. Yifang Ecoscape, Xianyang, China. Retrieved from World Landscape Architecture, available at: https://worldlandscapearchitect.com/weiliu-wetland-park-xianyang-china-yifang-ecoscape/#.YqUalnZBzIU (Accessed on June 11, 2022).

[224] Yifang Ecoscape. (2017). Weiliu Wetland Park. Landscape Architecture Platform | Landezine. Retrieved from Landezine.com, available at: http://landezine.com/index.php/2019/01/weiliu-wetland-park-by-yifang-ecoscape/ (Accessed on January 7, 2021).

[225] Yifang Ecoscape. (2017). Weiliu Wetland Park. Landscape Architecture Platform | Landezine. Retrieved from Landezine.com, available at: http://landezine.com/index.php/2019/01/weiliu-wetland-park-by-yifang-ecoscape/ (Accessed on January 7, 2021).

المواطنين. أما في الجنوب في أسفل موقع المشروع كان هناك العديد من الحفر العميقة بسبب أعمال التعدين الجائرة التي أدت إلى تصريف مياه الصرف الصحي ومياه الأمطار في النهر.

شكل ٦٦: تدهور موقع المشروع[٢٢٦]

٣.٢.٥.٣ الهدف من المشروع

وضع تصميم الحديقة في الاعتبار تحقيق مجموعة من الأهداف التي تتكامل للحصول على أقصى استفادة ممكنة من خطة تطوير المنطقة المحيطة بالنهر، وكانت هذه الخطة تسعى إلى التحكم في الفيضانات، وإدارة مياه العواصف، وتحسين جودة المياه، وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي، واستعادة التنوع البيولوجي[٢٢٧]. ويكمن تلخيص هذه الأهداف في الآتي:

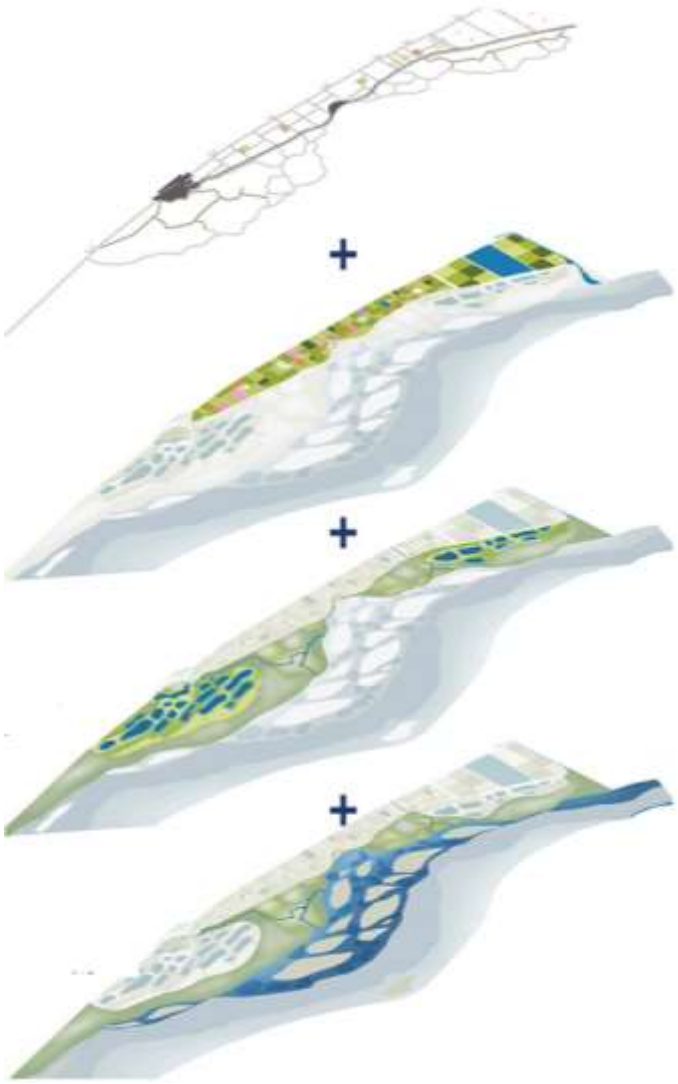
- إنشاء بنية تحتية خضراء متكاملة**(Creating Integrated Green Infrastructure))**
- تنقية المياه وإنشاء حدائق الأراضي الرطبة.
- السيطرة على الفيضانات.
- الترفيه.

[226] Yifang Ecoscape. (2017). Weiliu Wetland Park. Landscape Architecture Platform | Landezine. Retrieved from Landezine.com, available at: http://landezine.com/index.php/2019/01/weiliu-wetland-park-by-yifang-ecoscape/ (Accessed on January 7, 2021).

[227] Yifang Ecoscape. (2017). Weiliu Wetland Park. Landscape Architecture Platform | Landezine. Retrieved from Landezine.com, available at: http://landezine.com/index.php/2019/01/weiliu-wetland-park-by-yifang-ecoscape/ (Accessed on January 7, 2021).

٤.٢.٥.٣ تحليل المشروع:

- **مناطق التصميم (design zones):** تم تقسيم المشروع الى أربع أقسام[٢٢٨]:



١. **القسم الأول:** ممر أخضر ينتقل عبر وسط الحديقة، حيث يعتبر العمود الفقري الرئيسي للحديقة

٢. **القسم الثاني:** المنطقة الترفيهية (Active Park and Recreation) Park

٣. **القسم الثالث:** الأراضي الرطبة المشيدة (Constructed Wetlands)

سسس

٤. **القسم الرابع:** الأراضي الرطبة الطبيعية (Natural Wetlands)

شكل ٦٧: مناطق تقسيم الحديقة

[228] Luan, Bo. & Wang, Xin. (2017). Collaborative Design of Site-scale Green Infrastructure: A Case Study on the Ecological Restoration Design of Weiliu Wetland Park in Xianyang. China, Landscape Architecture Frontiers, vol. 5. PP. 26-43.

شكل ٦٨: الموقع العام للمشروع[٢٢٩]

[229] Yifang Ecoscape. (2017). Weiliu Wetland Park. Landscape Architecture Platform | Landezine. Retrieved from Landezine.com, available at: http://landezine.com/index.php/2019/01/weiliu-wetland-park-by-yifang-ecoscape/ (Accessed on January 7, 2021).

أ. القسم الأول: الممر الرئيسي حيث يعتبر العمود الفقري الرئيسي للحديقة، وتحيط به أشجار الصفصاف مع الاحتفاظ بجميع الأشجار الأخرى القديمة، وسرعان ما أصبحت هذه الأشجار تقدم ميزة جمالية خلابة، وفريدة في الحديقة.

شكل ٦٩: الممر الرئيسي للحديقة[٢٣٠]

[230] Yifang Ecoscape. (2017). Weiliu Wetland Park. Landscape Architecture Platform | Landezine. Retrieved from Landezine.com, available at: http://landezine.com/index.php/2019/01/weiliu-wetland-park-by-yifang-ecoscape/ (Accessed on January 7, 2021).

ب.القسم الثاني: المنطقة الترفيهية وهي منطقة الارتفاع العالي (٣٨٠ م ~ ٣٨٣ م)، ويمكنها أن تصمد أمام مياه الفيضانات لمدة ٢٠ عامًا (بضغط مياه حتى ٧٠٨٠م٣/ ثانية). باعتبارها المنطقة الأقل خطرًا أثناء الفيضانات في الموقع، فقد تم تصميم هذه المنطقة لتوفير تجارب غنية على الواجهة المائية للسكان المحليين من خلال الأنشطة الترفيهية المختلفة، بما في ذلك تأسيس طريق أخضر وساحة واجهة بحرية ومدرج أوبرا وبساتين وحدائق أرضيات ومساحات للتمرين، ومقاهي، وأكشاك، إلخ.

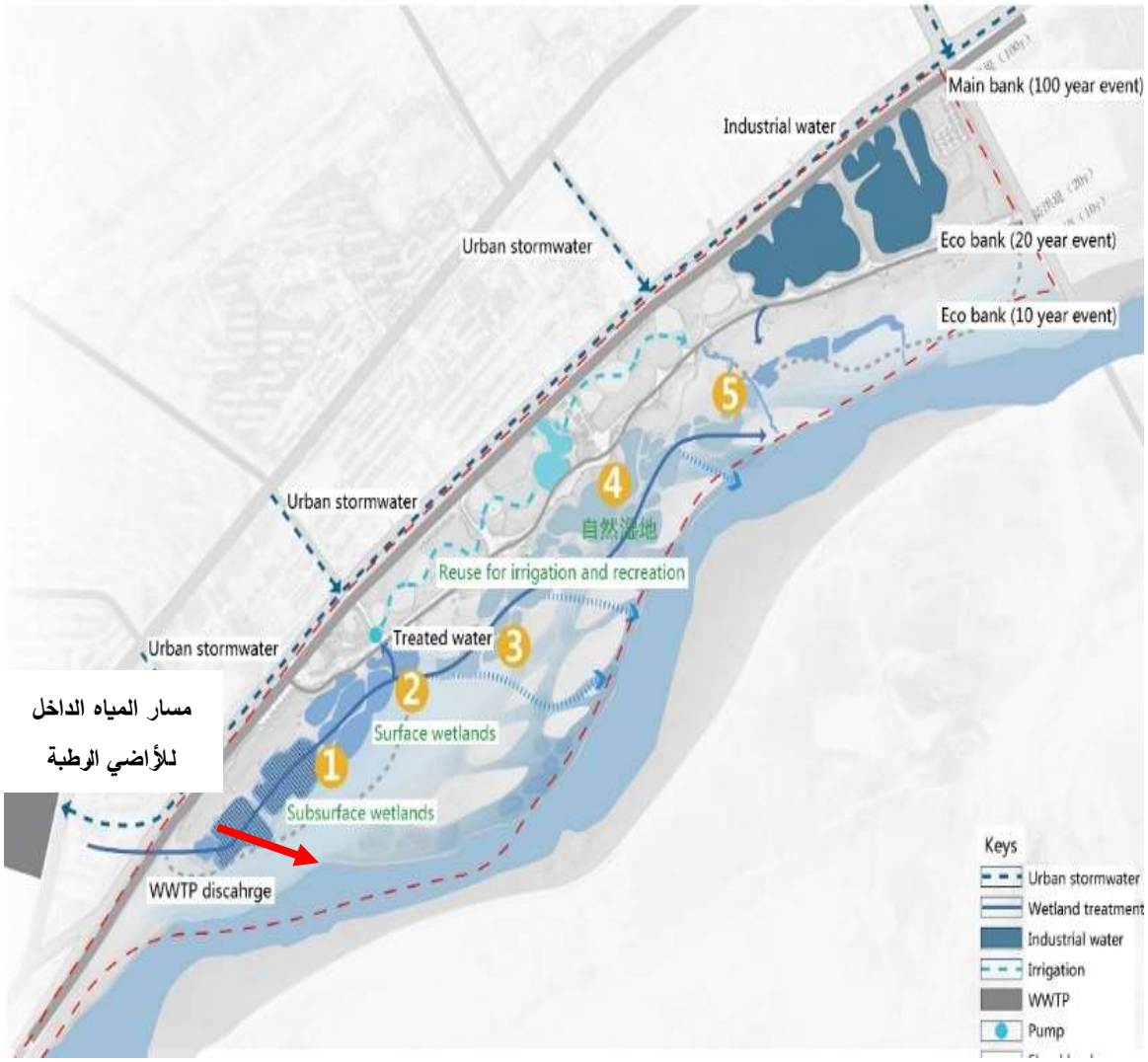
شكل ٧٠: الأنشطة الترفيهية في الحديقة[٢٣١]

ج. القسم الثالث: الأراضي الرطبة المشيدة (Constructed Wetlands): منطقة الارتفاع المتوسط التي يمكن أن تصمد أمام أحداث الفيضانات لمدة ١٠ سنوات (بضغط مياه حتى ٥.٩١٠ م٣/ ثانية). تتكون هذه المنطقة من الأراضي الرطبة الجوفية والسطحية المجهزة لتلقي المياه العادمة والاحتفاظ بالفيضانات، وتعمل كحاجز بين المدينة والنهر مع خلق مساحات للأنشطة الترفيهية مثل المشي وصيد الأسماك والتنزه في منطقة الأراضي الرطبة. وتحتوي هذه المنطقة على:

مسار المياه: حيث إن المسطح المائي الحالي ملوث بشدة، تم إنشاء حزام عازل للأراضي الرطبة المشيدة بين المدينة والنهر والذي يمكن أن ينقي مياه الأمطار والصرف الصحي قبل تصريفها في النهر. يتم جمع المياه الملوثة من قنوات الصرف التي تمر عبر الموقع أولاً في محطة معالجة مياه الصرف الصحي، ثم

[231] Yifang Ecoscape. (2017). Weiliu Wetland Park. Landscape Architecture Platform | Landezine. Retrieved from Landezine.com, available at: http://landezine.com/index.php/2019/01/weiliu-wetland-park-by-yifang-ecoscape/ (Accessed on January 7, 2021).

تتلقى الأراضي الرطبة المياه الخارجة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي من أجل إنتاج المياه المعاد تدويرها واستخدامها لري الحديقة والملعب المائي[٢٣٢] وشكل يوضح مراحل معالجة المياه كالتالي:



شكل ٧١: المسار المائي[٢٣٣]

[232] Yifang Ecoscape. (2017). Weiliu Wetland Park. Landscape Architecture Platform | Landezine. Retrieved from Landezine.com, available at: http://landezine.com/index.php/2019/01/weiliu-wetland-park-by-yifang-ecoscape/ (Accessed on January 7, 2021).

[233] Yifang Ecoscape. (2017). Weiliu Wetland Park. Landscape Architecture Platform | Landezine. Retrieved from Landezine.com, available at: http://landezine.com/index.php/2019/01/weiliu-wetland-park-by-yifang-ecoscape/ (Accessed on January 7, 2021).

شكل ٧٢: منطقة الأراضي الرطبة المشيدة[٢٣٤]

- منطقة الأراضي الرطبة ذات التدفق تحت السطحي (subsurface), وهذه المنطقة قريبة من مدخل المياه وبالتالي غير محبب وجود أنشطة بها نظراً للرائحة الكريهة, ولكن يوجد بها موقف للسيارات.
- منطقة الأراضي الرطبة ذات التدفق السطحي (free surface)
- منطقة المياه المعالجة، وهنا يسمح في هذه المرحلة بالتفاعل مع المياه وعمل ملعب مائي للأطفال مع استخدامها للري.
- والمنطقة الرابعة عبارة عن أراضي رطبة مشيدة (constructed wetlands)، يوجد بها مساحات للأنشطة الترفيهية مثل المشي وصيد الأسماك والنزهة في منطقة الأراضي الرطبة.

تقنية الأراضي الرطبة المشيدة[٢٣٥]:

يتكون نظام الأراضي الرطبة بالحديقة من الأراضي الرطبة ذات التدفق الجوفي الرأسي ← أحواض الاحتفاظ ← الأراضي الرطبة ذات التدفق الأفقي الجوفي والأراضي الرطبة ذات التدفق السطحي ← أحواض المناظر الطبيعية الاختيارية.

تعمل الأراضي الرطبة ذات التدفق تحت السطحي الرأسي كنظام تنقية رئيسي يرشح ويزيل الملوثات، ويخلق بيئة لا هوائية اختيارية لتعزيز نزع النتروجين. ثانيًا تتم إزالة الفوسفور المتبقي أيضًا عن طريق الأراضي الرطبة

---

[234] Holmes, D. (2019). Weiliu Wetland Park. Yifang Ecoscape, Xianyang, China. Retrieved from World Landscape Architecture, available at: https://worldlandscapearchitect.com/weiliu-wetland-park-xianyang-china-yifang-ecoscape/#.YqUalnZBzIU (Accessed on June 11, 2022).

[235] Luan, Bo. & Wang, Xin. (2017). Collaborative Design of Site-scale Green Infrastructure: A Case Study on the Ecological Restoration Design of Weiliu Wetland Park in Xianyang. China, Landscape Architecture Frontiers, vol. 5. PP. 26-43.

ذات التدفق الجوفي الأفقي والأراضي الرطبة ذات التدفق السطحي، وتوفر الأراضي الرطبة ذات التدفق السطحي بيئة هوائية لنيتروجين الأمونيا.

د. القسم الرابع: الأراضي الرطبة الطبيعية (Natural Wetlands): منطقة الارتفاع المنخفض ذات أخطار الفيضانات العالية (التي تغمرها الفيضانات لمدة ٥ سنوات أو تتعرض لهطول الأمطار). وباعتبارها منطقة من السهول الفيضية، فإن هذه المنطقة مصممة لحماية واستعادة الأراضي الرطبة الطبيعية والتكيف مع تغير مستوى المياه في النهر.

شكل ٧٣: الأراضي الرطبة الطبيعية[٢٣٦]

وفيما يلي بعض الجوانب التصميمية في هذه المنطقة:

- تم إنشاء مسار للزوار للتمشي من خلالها، ومع وجود الأحجار في الماء لإعادة الأكسجين للماء وفي نفس الوقت أصبحت ميزة للعب.

[236] Holmes, D. (2019). Weiliu Wetland Park. Yifang Ecoscape, Xianyang, China. Retrieved from World Landscape Architecture, available at: https://worldlandscapearchitect.com/weiliu-wetland-park-xianyang-china-yifang-ecoscape/#.YqUalnZBzIU (Accessed on June 11, 2022).

شكل ٧٤: السدود المائية[٢٣٧]

- كما تم بناء تراس مائي للتهوية، ويمكن للكائنات المائية مثل الأسماك أن تمنع نمو الطحالب، مما يساعد على الحفاظ على جودة المياه، ثم تتدفق المياه النقية إلى المسابح الضحلة في ساحة الواجهة البحري، حيث يمكن للزوار أن يستريحوا ويمكن للأطفال اللعب بالماء[٢٣٨] .

شكل ٧٥: الألعاب المائية في حديقة ويليو[٢٣٩]

---

[237] Holmes, D. (2019). Weiliu Wetland Park. Yifang Ecoscape, Xianyang, China. Retrieved from World Landscape Architecture, available at: https://worldlandscapearchitect.com/weiliu-wetland-park-xianyang-china-yifang-ecoscape/#.YqUalnZBzIU (Accessed on June 11, 2022).

[238] Luan, Bo. & Wang, Xin. (2017). Collaborative Design of Site-scale Green Infrastructure: A Case Study on the Ecological Restoration Design of Weiliu Wetland Park in Xianyang. China, Landscape Architecture Frontiers, vol. 5. PP. 26-43.

[239] Yifang Ecoscape. (2017). Weiliu Wetland Park. Landscape Architecture Platform | Landezine. Retrieved from Landezine.com, available at: http://landezine.com/index.php/2019/01/weiliu-wetland-park-by-yifang-ecoscape/ (Accessed on January 7, 2021).

- تتم إعادة استخدام المياه أمام الناس، مما يعلِّمهم أهمية إدارة المياه، من خلال خلق صورة بصرية مثيرة وهادئة مرتبطة كلها بحركة المياه.
- **المسارات:** تم إنشاء مسارات للزوار من الحجارة للتجول خلال الأراضي الرطبة والاستمتاع بها، ومعظم مسارات المشاة تمر من فوق أحواض الأرضي الرطبة وبالتالي يستمتع الزائرون بمنظر المياه وتشكيل الممرات، حيث استخدم المصمم جسرين ملونين في منطقة الأراضي الرطبة, وهما عبارة عن الهيكلان المتشابكان اللذان يتم رفعهما وخفضهما. وأيضا تم إنشاء ممر ترفيهي بين الشرق والغرب في جميع أنحاء الموقع.

شكل ٧٦: المسارات داخل حديقة ويليو[٢٤٠]

- العناصر النباتية[٢٤١]:

➢ تم الحفاظ على الأشجار الموجودة بالمنطقة وكذلك نباتات الرحيق وبرك القصب الشائعة هناك.

➢ راعى التصميم تأهيل التربة وإعادة الزراعة الدقيقة للأشجار والشجيرات.

➢ في منطقة الفيضان الشديد تم زراعة بعض النباتات المائية مثل Phragmites Australias, Acorus Calamus وذلك لحماية الشواطئ.

---

[240] [240] Luan, Bo. & Wang, Xin. (2017). Collaborative Design of Site-scale Green Infrastructure: A Case Study on the Ecological Restoration Design of Weiliu Wetland Park in Xianyang. China, Landscape Architecture Frontiers, vol. 5. PP. 26-43.

[241] Luan, Bo. & Wang, Xin. (2017). Collaborative Design of Site-scale Green Infrastructure: A Case Study on the Ecological Restoration Design of Weiliu Wetland Park in Xianyang. China, Landscape Architecture Frontiers, vol. 5. PP. 26-43.

- وتم زراعة بعض النباتات المائية مثل Nelumbo Nucifera وArundo Donax وAcorus Calamus لاستعادة الموائل والملاجئ للحيوانات النهرية والبرمائيات.
- تم إدخال الأشجار والشجيرات التي يمكن أن توفر الأطعمة أو الموائل للطيور، مثل Diospyros Kaki وCerasus Pseudocerasus وArmeniaca Vulgaris، وكذلك نباتات الرحيق مثل Medicago Sativa ,,Osmanthus Fragrans Robinia.

شكل ٧٧: التنوع البيولوجي في الحديقة[٢٤٢]

[242] Yifang Ecoscape. (2017). Weiliu Wetland Park. Landscape Architecture Platform | Landezine. Retrieved from Landezine.com, available at: http://landezine.com/index.php/2019/01/weiliu-wetland-park-by-yifang-ecoscape/ (Accessed on January 7, 2021).

٥.٢.٥.٣ دراسة SWOT (نقاط القوة والضعف والفرص والتهديدات) لمشروع حديقة ويليو

شكل ٧٨: دراسة SWOT لمشروع حديقة ويليو (من صياغة الباحث)

٦.٢.٥.٣ فوائد المشروع[٢٤٣]

من خلال دراسة المشروع نجد أنه حقق فوائد اقتصادية واجتماعية وبيئية عديدة:

[243] Luan, Bo. & Wang, Xin. (2017). Collaborative Design of Site-scale Green Infrastructure: A Case Study on the Ecological Restoration Design of Weiliu Wetland Park in Xianyang. China, Landscape Architecture Frontiers, vol. 5. PP. 26-43.

أ. بيئياً:

كان للأراضي الرطبة المنشأة في المشروع القدرة على معالجة حوالي ٨٠٠٠ متر مكعب من المياه العادمة يوميًا في المتوسط، بالإضافة إلى التحسينات في جودة المياه وأيضا زيادة التنوع البيولوجي للموقع.

ب. اقتصادياً:

أظهرت دراسة التكلفة والعائد أن متوسط تكلفة البناء للحديقة كان أقل من ثلث الحدائق المحلية المماثلة في المدينة، بالإضافة لارتفاع قيمة العقارات في المناطق المجاورة للحديقة.

ج. اجتماعياً:

انعكست الفوائد الاجتماعية للمنتزه في نتائج مسح عام تم من خلال ٤٦٢ استبيانًا صالحًا تم تلقيه[٢٤٤]، حيث كان معدل الرضا العام للمنتزه الجديد ٩٤٪، وكانت معدلات الرضا عن الراحة، وتجارب الطبيعة، وترفيه الأطفال والأنشطة الترفيهية لكبار السن هي ٩٠٪ و٨٦٪ و٧٧٪ و٨٠٪ على التوالي. ذلك يعكس القيم التي وفرها المشروع للمواطنين من تجارب ترفيهية متنوعة، وفرص لإشراك الجمهور، وتعزيز التعليم البيئي.

---

244 Luan, Bo. & Wang, Xin. (2017). Collaborative Design of Site-scale Green Infrastructure: A Case Study on the Ecological Restoration Design of Weiliu Wetland Park in Xianyang. China, Landscape Architecture Frontiers, vol. 5. PP. 26-43.

٧.٢.٥.٣ تقييم المؤشرات العامة لنجاح مشروع ويليو في تحقيق أبعاد الاستدامة:

التصنيف	المؤشر	مؤشرات فرعية	نوع القياس	النتائج
بيئي	المياه	– المياه المعاد استخدامها: النسبة المئوية للمياه المعاد استخدامها. – جودة المياه: النسبة المئوية للملوثات التي يتم إزالتها من خلال الأراضي الرطبة المشيدة.	كمي	– تلتقط الحديقة وتنظف ٨٥٠ مليون لتر من مياه الأمطار سنويًا، مما يجعل هذه المياه متاحة لإعادة الاستخدام. – يمكن للأراضي الرطبة المشيدة معالجة حوالي ٨٠٠٠ متر مكعب من المياه العادمة يوميًا حيث وصلت الكمية الإجمالية للمياه المعاد استخدامها بعد المعالجة إلى ٢.٤ × ١٠٦ م ٣ سنويًا. – أظهرت مستويات COD و NH_3–N و TP و TN في الماء انخفاضًا بنسبة ٨٩.٦٪ و ٩٨.٤٪ و ٩٦.٦٪ و ٧٩.٥% على التوالي.
	الطاقة	– الحفاظ على طاقة البناء: النسبة المئوية من الطاقة المحفوظة أثناء مرحلة البناء مقارنة بمحطة المعالجة التقليدية.	كمي	غير متوفر بيانات
	المواد المستخدمة	– المواد المعاد تدويرها: النسبة المئوية للمواد المعاد تدويرها أو الحصول عليها من المواد الموجودة في الموقع.	كمي	– تم استخدام الأحجار في المسارات.
		– المواد الخطرة: النسبة المئوية للمواد الخطرة والمواد الكيميائية المستخدمة في عملية معالجة المياه مقارنة بعمليات المعالجة التقليدية.		– إنشاء سلسلة من السدود الحجرية الطبيعية.
	المخلفات الصلبة والسائلة	– نوعية / كمية النفايات التي يتم تفريغها أثناء عملية المعالجة.	كمي/كيفي	– تم جمع عينات المياه من أحد منافذ الصرف في محطة الصرف الصحي في أغسطس ٢٠١٥ ومايو ٢٠١٦ فأظهرت العيّنتان أن تركيز TP وTN للمياه في منافذ الصرف كان مرتفعًا مما يشير إلى أن المياه كانت ملوثة بشكل خطير. – تم أخذ عينات من أربعة أنواع تربة في السهول الفيضية بالموقع (بعمق ٠ ~ ٥ سم) لتقييم صحة التربة، وأظهرت النتائج أن تركيز عنصر الكادميوم والنحاس والزنك والرصاص والكروم كان منخفضًا ويتوافق مع معيار التربة من الدرجة الأولى، مما يشير إلى أن التربة لم تكن ملوثة بالمعادن الثقيلة.
	البصمة الكربونية	– البصمة الكربونية: كمية ثاني أكسيد الكربون وانبعاثات الغازات الدفيئة الأخرى المرتبطة بمشروع الأراضي الرطبة مقارنة بمحطة المعالجة التقليدية.	كمي	غير متوفر بيانات
	جودة الهواء	– جودة الهواء: تحسن جودة الهواء بسبب زيادة الغطاء النباتي.	كمي	
	التنوع البيولوجي	– عدد أنواع الحيوانات والنباتات التي تم إدخالها إلى الموطن	كمي	حدد المشروع هدفه في إعادة إنشاء موطن محلي متنوع باستخدام الأشجار الموجودة وبرك القصب البرية، وطبق التصميم تشكيلًا بسيطًا للأرض بإعادة زراعة دقيقة للأشجار المحلية والشجيرات والنباتات المائية من أجل استعادة الملاجئ والموائل للحياة المائية والبرمائيات والطيور.
اجتماعي	توعية المجتمع	– درجة وعي المجتمع بمشاكل ندرة المياه والتدابير المستدامة المحتملة.	كيفي	– توفر الحديقة فرصة لتعزيز التعليم البيئي للمواطنين. – يشتمل نظام معالجة مياه الأمطار على سمات ووظائف النظم البيئية الطبيعية ويدمج أحدث العلوم والتصميم البيئي مع تصميم المناظر الطبيعية والفن العام لإنشاء بنية تحتية أساسية.
	حجم المجتمع	عدد الزوار المحتملين لمشروع حديقة الأراضي الرطبة على نطاق زمني محدد.	كمي	غير متوفر بيانات
	القبول الاجتماعي	درجة قبول المجتمع للمشروع	كيفي	– نال هذا المشروع إقبالاً شديداً وجذب العديد من الزوار يومياً. – تم عمل استبيانات للمشروع فمن بين ٤٦٢ استبيانًا صالحًا تم تلقيه، كان معدل الرضا العام للمنتزه الجديد ٩٤٪، وكانت معدلات الرضا عن الراحة، وتجارب الطبيعة، وترفيه الأطفال والأنشطة الترفيهية لكبار السن ٩٠٪ و٨٦٪ و٧٧٪ و٨٠٪ على التوالي.
	المشاركة العامة	درجة المشاركة المجتمعية النشطة خلال مراحل المشروع المختلفة	كيفي	توفر تجارب ترفيهية متنوعة وفرصًا لإشراك الجمهور، وتعزيز التعليم البيئي للمواطنين، وتحسين الصحة البدنية والعقلية.
	التعليم والتدريب	الخدمات التعليمية والتدريبية التي يقدمها المشروع خلال مراحله المختلفة	كيفي	– توفر الحديقة فرصة لتعزيز التعليم البيئي للمواطنين. – يحتوي المشروع على مركز ثقافي يتم فيه التعرف على نظام معالجة مياه الأمطار وعلى سمات ووظائف النظم البيئية الطبيعية.
	القيم الاجتماعية	القيم الاجتماعية والاتصال بين المجتمع المحلي وزوار الحديقة	كيفي	غير متوفر بيانات
	القيم الجمالية	– القيمة الجمالية البصرية للمشروع للمجتمع المحلي – فعالية الحد من الرائحة	كيفي	– خلق هذا المشروع تجربة فنية في الطبيعة. – يتم التعبير عن العناصر الفنية من خلال الجسور الملونة، والمناظر الطبيعية، وتشكيل الممرات، ومنصات المشاهدة، التي ترمز إلى تكامل المياه والثقافة المحلية. – يعزز المشروع رؤية المشهد العام للحديقة من خلال خلق صورة بصرية مثيرة وهادئة وهي كلها مرتبطة بحركة المياه.
اقتصادي	إجمالي تكلفة المشروع	القيمة الحالية لإجمالي التكاليف المرتبطة بتنفيذ المشروع، بما في ذلك تكلفة رأس المال والتشغيل والصيانة.	كمي	بلغت تكلفة المشروع الإجمالية ٨٠ مليون يوان.
	قيمة الأرض المستخدمة	القيمة الاقتصادية للأرض التي يستخدمها المشروع مقابل استخدامها للتطويرات الأخرى.	كمي	أظهرت دراسة التكلفة والعائد أن متوسط تكلفة البناء للحديقة كان أقل من ثلث الحدائق المحلية المماثلة في المدينة، بالإضافة لارتفاع قيمة العقارات في المناطق المجاورة.
	الإنتاجية	الإيرادات الاقتصادية المحتملة من تنفيذ المشروع.	كمي	تتلقى الحديقة الدخل من الملاعب الرياضية، ومرافق الخدمة الأخرى بحيث يضمن التشغيل المستدام للحديقة

جدول ٤: مؤشرات حديقة ويليو (الجدول من صياغة الباحث)

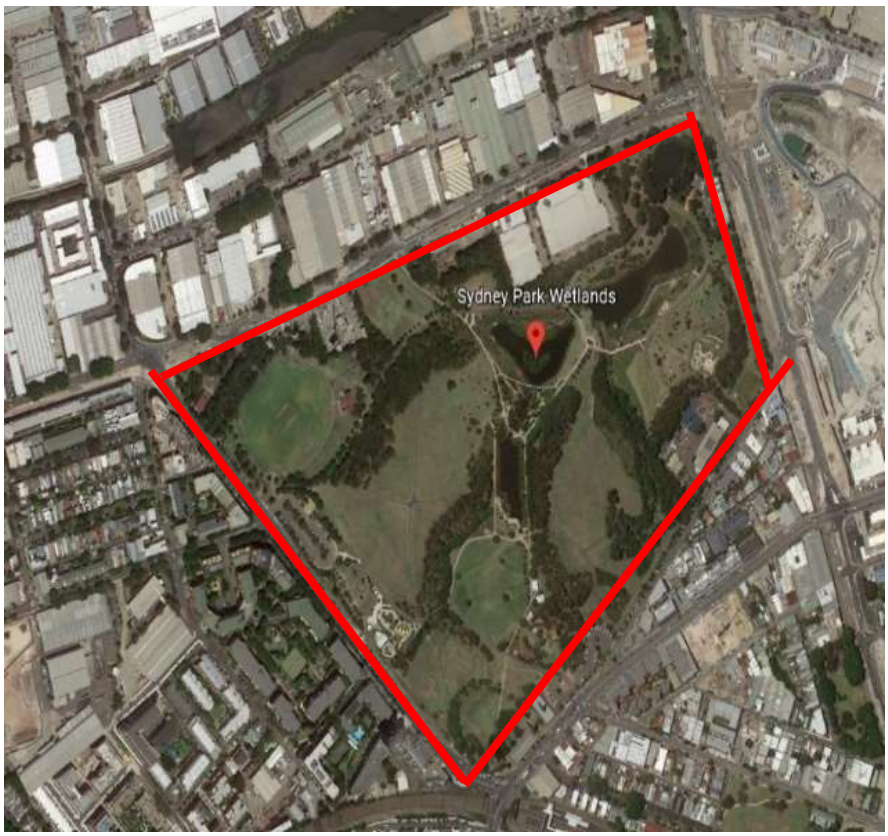
٨.٢.٥.٣ نتائج دراسة مشروع حديقة ويليو

- إمكانية التكامل بين الأراضي الرطبة الطبيعية والأراضي الرطبة المشيدة.
- تصميم الموقع طبقاً للطبوغرافيا، حيث تم تقسيم الحديقة تقسيم طولي حسب أماكن حدوث الفيضان.
- التعامل مع الفيضان بشكل تدريجي وحسب التضاريس، حيث تم تقسيم الحديقة الى أربع أقسام، المنطقة القريبة من الفيضان تم استصلاح الأراضي الرطبة الطبيعية بها، والمنطقة التي تليها منطقة الأراضي الرطبة المشيدة، وبعدها تم تصميم مسار رئيسي للمشروع يفصل بينها وبين المنطقة التي تليها وهي الأنشطة الترفيهية وهي تعتبر ذات الارتفاع العالي بعيداً عن الفيضان.
- إعادة إنشاء موطن محلي متنوع باستخدام الأشجار الموجودة وأيضا استخدام الأشجار والشجيرات التي يمكن أن توفر الأطعمة أو الموائل للطيور.
- توفير خدمات ترفيهية كالملاعب وإنشاء مناطق للعب والاستجمام للأطفال في المنطقة ذات الارتفاع العالي البعيدة عن الفيضان.
- استخدام الأحجار والسدود لإعادة الأكسجين إلى المياه، وفي نفس الوقت تعتبر مساحة جديدة للعب.
- تعزيز التعليم البيئي، حيث يحتوي المشروع على مركز ثقافي في المنطقة الترفيهية يتم فيه التعرف على نظام معالجة مياه الأمطار وعلى سمات ووظائف النظم البيئية الطبيعية.

٣.٥.٣ حديقة سيدني للأراضي الرطبة (Sydney Wetland Park)

١.٣.٥.٣ المقدمة

يقع هذا المشروع في مدينة سيدني بأستراليا، وهو يعد من المشاريع البيئية الكبيرة في المدينة، ويشكل جزءًا لا يتجزأ من استراتيجية سيدني المستدامة لعام ٢٠٣٠. تبلغ مساحة المشروع ٣.٩٥ فداناً، ويُعد ضمن خطة مدينة سيدني لمنع الجفاف وتدهور إمدادات المياه عن طريق تقليل اعتماد المدينة على مياه الشرب، لذلك تم تصميم الحديقة لمعالجة مياه الأمطار وتخزينها وتعميمها لإعادة استخدامها داخل الحديقة مرة أخرى[٢٤٥].



شكل ٧٩ : موقع المشروع[٢٤٦]

[245] GANSW. (2015). Sydney Park Water Re-Use Project. Retrieved from Government Architect New South Walls (GANSW), available at: https://www.governmentarchitect.nsw.gov.au/resources/case-studies/2017/11/sydney-park (Accessed on March 22, 2022).

[246] Google Earth. (2022). Available at https://earth.google.com/web/search/sydney+wetland+park/@-33.9097384,151.1851752,21.12126452a,1843.9539934d,35y,143.12947931h,0t,0r/data=CnwaUhJMCiMweDZiMTJiMDRkMDMzZjIxZjc6MHgzOWNiMDE1NzViMjU5OBkzR_vEpvRAwCEDXmbY6OViQCoTc3lkbmV5IHdldGxhbmQgcGFyaxgBIAEiJgokCVwICg07_zNAEVsICg07_zPAGYmoIyKinEJAIYoNqF1mClDA (Accessed on September 22, 2022).

٢.٣.٥.٣ التحديات

تضمنت التحديات التي تم مواجهتها الحفاظ على التراث الحضاري للمنطقة وتراث أعمال الطوب التي اشتهرت بها المدينة في القرن التاسع عشر والعشرين، وحماية وتعزيز الحياة البرية والنباتات المحلية من خلال إعادة تطوير الحديقة، وتصميم نظام بيئي يستوعب أحداث المطر متفاوتة الشدة، وإيجاد طرق وتقنيات لحصاد المياه، بدلاً من إخفائها، مع إدارة الملوثات بكفاءة.

٣.٣.٥.٣ الهدف من المشروع

جمع مياه الأمطار وتنظيفها وإعادة استخدامها لدعم هدف مدينة سيدني لتقليل الاعتماد على مياه الشرب بنسبة ٣٠٪ بحلول عام ٢٠٣٠، ويشمل ذلك توفير إمدادات مياه مستدامة للحديقة وزيادة مساحات التخزين، وتحسين جودة المياه من خلال إعادة تصميم وإعادة هندسة دوران المياه عبر سلسلة الأراضي الرطبة المشيدة[٢٤٧].

٤.٣.٥.٣ منهجية التصميم

تتمثل منهجية التصميم في ربط المياه والناس والطوبوغرافيا والحياة الحضرية والحياة النباتية والطبيعية عن طريق تنقية المياه وإعادة استخدامها في الأنشطة المختلفة.

٥.٣.٥.٣ تحليل المشروع

يتم جمع مياه الصرف الصحي من المناطق الحضرية إلى الأراضي الرطبة للمشروع ومعالجتها وتطهيرها لإعادة استخدامها داخل وخارج حديقة سيدني ولإمداد الصناعات المجاورة. يتم أيضا جمع مياه الأمطار وتنقيتها لتستخدم في ملء حمام السباحة كل يوم، مما يوفر إمدادات مستدامة للحديقة والأراضي الرطبة بداخلها. بلغت تكلفة هذا النظام ١١.٣ مليون دولار[٢٤٨].

---

[247] Landscape Performance Series. (2012). Sydney Park Water Re-use Project. Available at: https://www.landscapeperformance.org/case-study-briefs/sydney-park-water-re-use-project#/challenge-solution (accessed on September 30, 2022).

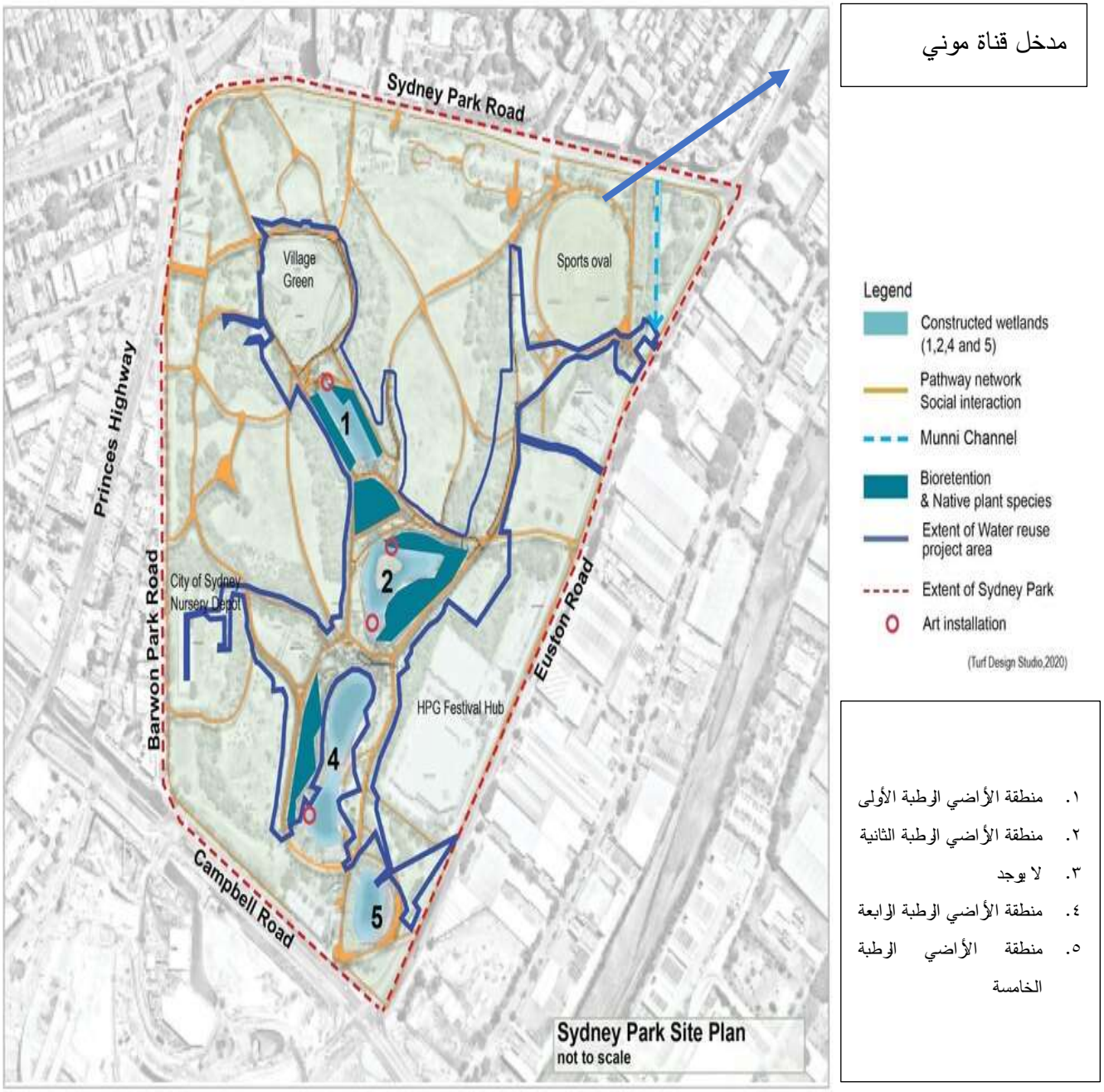
[248] GANSW. (2015). Sydney Park Water Re-Use Project. Retrieved from Government Architect New South Walls (GANSW), available at: https://www.governmentarchitect.nsw.gov.au/resources/case-studies/2017/11/sydney-park (Accessed on March 22, 2022).

السمة الرئيسية للمشروع هي نظام معالجة مياه الأمطار المصمم لتجميع ما يصل إلى ٨٥٠ مليون لتر (حوالي ٢٢٥ مليون جالون) من مياه الأمطار سنويًا من مستجمعات موني شمال المنتزه. تم تصميم النظام لتحويل المياه من قناة موني، وهي عبارة عن مصرف مياه خرساني مفتوح يمر عبر الركن الشمالي الشرقي من المنتزه[٢٤٩].

شكل ٨٠: صورة جوية لحديقة سيدني[٢٥٠]

[249] Landscape Performance Series. (2012). Sydney Park Water Re-use Project. Available at: https://www.landscapeperformance.org/case-study-briefs/sydney-park-water-re-use-project#/challenge-solution (accessed on September 30, 2022).

[250] Good Desin. (2019). Sydney Park Water Re-Use Project. Retrieved from good-design.org, available at: https://good-design.org/projects/sydney-park-water-re-use-project/ (Accessed on September 30, 2022).



شكل ٨١: الموقع العام للمشروع[٢٥١]

[251] Landscape Performance Series. (2012). Sydney Park Water Re-use Project. Available at: https://www.landscapeperformance.org/case-study-briefs/sydney-park-water-re-use-project#/challenge-solution (accessed on September 30, 2022).

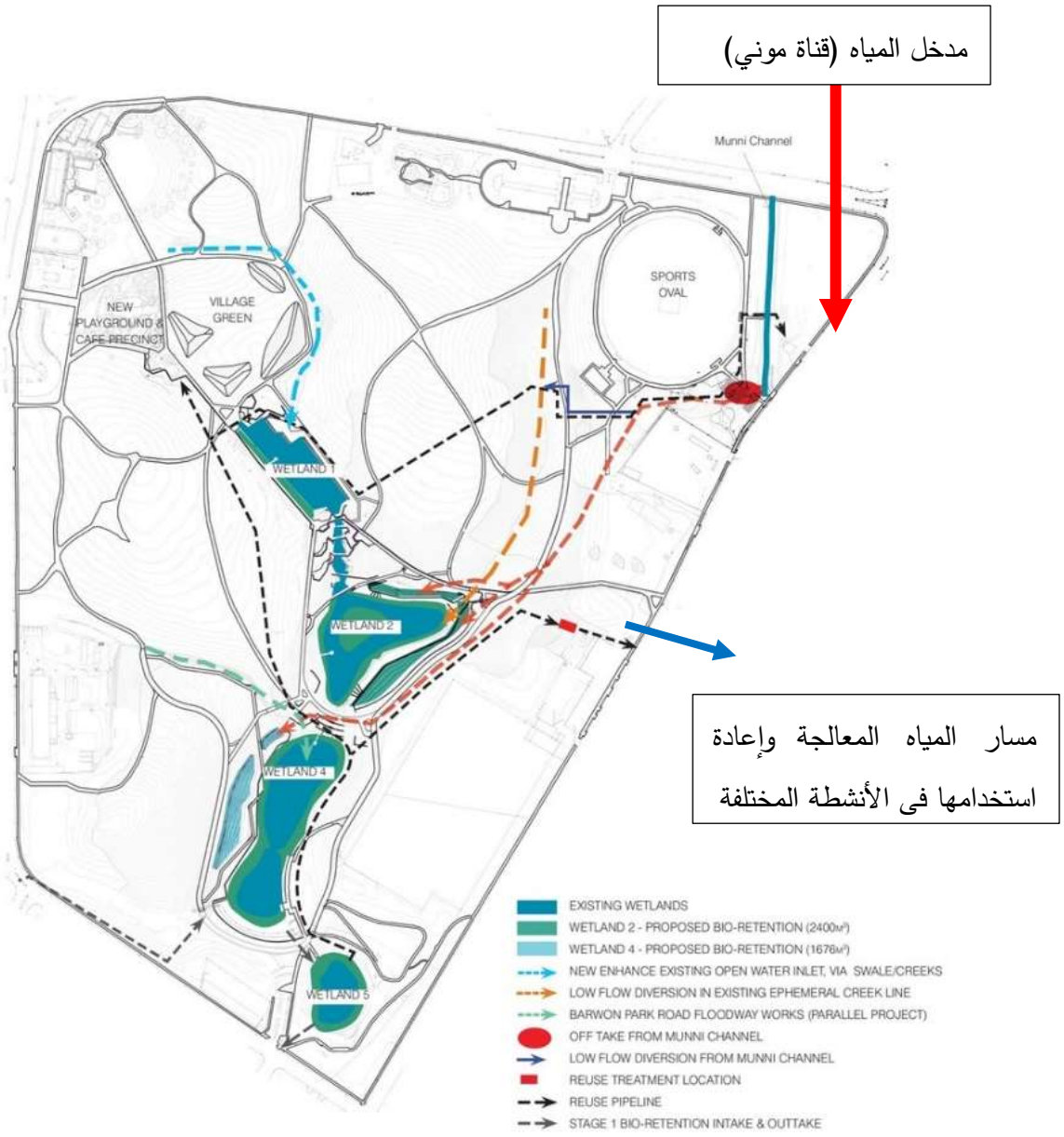
.٢١

١. ملعب بيضاوي
٢. Sydney Park Pavilion
٣. Metromix Concrete
٤. موقف سيارات
٥. مسار للدراجات
٦. مركز للدراجات
٧. أفران طوب
٨. موقف سيارات
٩. دورات مياه
١٠. ألعاب أطفال
١١. دورات مياه
١٢. أكشاك
١٣. ملعب للكرة الطائرة
١٤. منطقة عشبية
١٥. شجرة تذكارية
١٦. منطقة أراضي رطبة
١٧. Sydney Park AIDS Memorial Grove
١٨. حضانة
١٩. مخزن (candle store)
٢٠. مطعم

شكل ٨٢: الموقع العام وتوزيع الأنشطة عليه [٢٥٢]

- **مسار المياه:** يتم ضخ مياه الأمطار المتدفقة باستخدام أنبوب تحت الأرض)قناة موني) إلى مصيدة تحجز الملوثات قبل توجيهها عبر مناطق الأراضي الرطبة الثانية والرابعة, حيث يتم تصفية المياه وتنظيفها.

[252] Landscape Performance Series. (2012). Sydney Park Water Re-use Project. Available at: https://www.landscapeperformance.org/case-study-briefs/sydney-park-water-re-use-project#/challenge-solution (accessed on September 30, 2022).



شكل ٨٣: يوضح مسار المياه[٢٥٣]

- من النقطة المنخفضة للحديقة في الأراضي الرطبة الخامسة، تتدفق المياه النقية لإعادة استخدامها في الحديقة. يقوم نظام إعادة الاستخدام هذا بمعالجة المياه عن طريق ترشيحها قبل ضخها إلى الأرض

[253] ArchDaily. (2016). Sydney Park Water Re-Use Project. Available at: https://www.archdaily.com/793523/sydney-park-water-re-use-project-turf-design-studio-plus-environmental-partnership-alluvium-turpin-plus-crawford-dragonfly-and-partridge?ad_medium=gallery (Accessed on Oct. 5, 2022).

الرطبة الأولى بالقرب من أعلى نقطة في المنتزه، حيث يتم إعادة تدوير بعض المياه عبر الحديقة لإعادة استخدامها في الري والخدمات غير الصالحة للشرب.

- يتكون نظام المعالجة من ٤ خلايا في محيط الأراضي الرطبة ١ و٢ و٤. يشتمل نظام الاحتباس البيولوجي على ٤٥٠٠ متر مربع مزروعة بـ ١٥٠ نوعًا من النباتات المحلية. وتتحكم سلسلة من السدود المكسوة بالتراب والأنابيب تحت السطحية في حدوث الفائض في جميع أنحاء نظام الاحتباس الحيوي[٢٥٤].

شكل ٨٤: الأراضي الرطبة في حديقة سيدني[٢٥٥]

[254] Landscape Performance Series. (2012). Sydney Park Water Re-use Project. Available at: https://www.landscapeperformance.org/case-study-briefs/sydney-park-water-re-use-project#/challenge-solution (accessed on September 30, 2022).

[255] ArchDaily. (2016). Sydney Park Water Re-Use Project. Available at: https://www.archdaily.com/793523/sydney-park-water-re-use-project-turf-design-studio-plus-environmental-partnership-alluvium-turpin-plus-crawford-dragonfly-and-partridge?ad_medium=gallery (Accessed on Oct. 5, 2022).

- **مراحل المعالجة:** شكل يوضح مراحل معالجة المياه (حصاد مياه الأمطارStorm water harvesting)

شكل ٨٥: نظام معالجة المياه في حديقة سيدني٢٥٦

[256] Mooool. (2019). Water Falls by STUDIO TCS. Available at: https://mooool.com/en/water-falls-by-studio-tcs.html (Accessed on Oct. 6, 2022).

١. تتدفق مياه الأمطار من المنازل والشوارع وممر السكك الحديدية إلى مصارف مياه الأمطار وإلى قناة موني.

٢. تنقل قناة موني جريان مياه الأمطار إلى قناة ألكسندرا وفي النهاية خليج بوتاني. خلال فترات تدفق المياه المرتفع يتم تحويل المياه من قناة موني ويتم نقلها عبر الأنابيب عبر مصائد الملوثات الإجمالية وإلى نظام حصاد مياه الأمطار في حديقة سيدني.

٣. مصيدة الملوثات الإجمالية: تلتقط مصائد الملوثات الإجمالية الملوثات الكبيرة جدًا لتمريرها خلال المرشح. تشمل الملوثات الموجودة في مياه الأمطار الأكياس البلاستيكية والزجاجات البلاستيكية ومواد الإعلان الورقية والعلب المعدنية وأعقاب السجائر.

٤. منطقة التصنيف البيولوجي: تحاكي عملية حصاد مياه العواصف في حديقة سيدني العملية الموجودة في الطبيعة. الخطوة الأولى في هذه العملية هي الحفظ البيولوجي. يتم تحقيق الاحتباس البيولوجي عن طريق ضخ المياه في طبقات مرتفعة من الأعشاب والقصب لتصفية الشوائب مثل الرواسب والمعادن الثقيلة التي تم جمعها من الجريان السطحي. قد تكون أنابيب الطين التي تحمل الماء مرئية من خلال الأعشاب. يتم ترشيح هذه المياه ببطء من خلال نظام التخزين البيولوجي وتدخل في النهاية إلى الأراضي الرطبة.

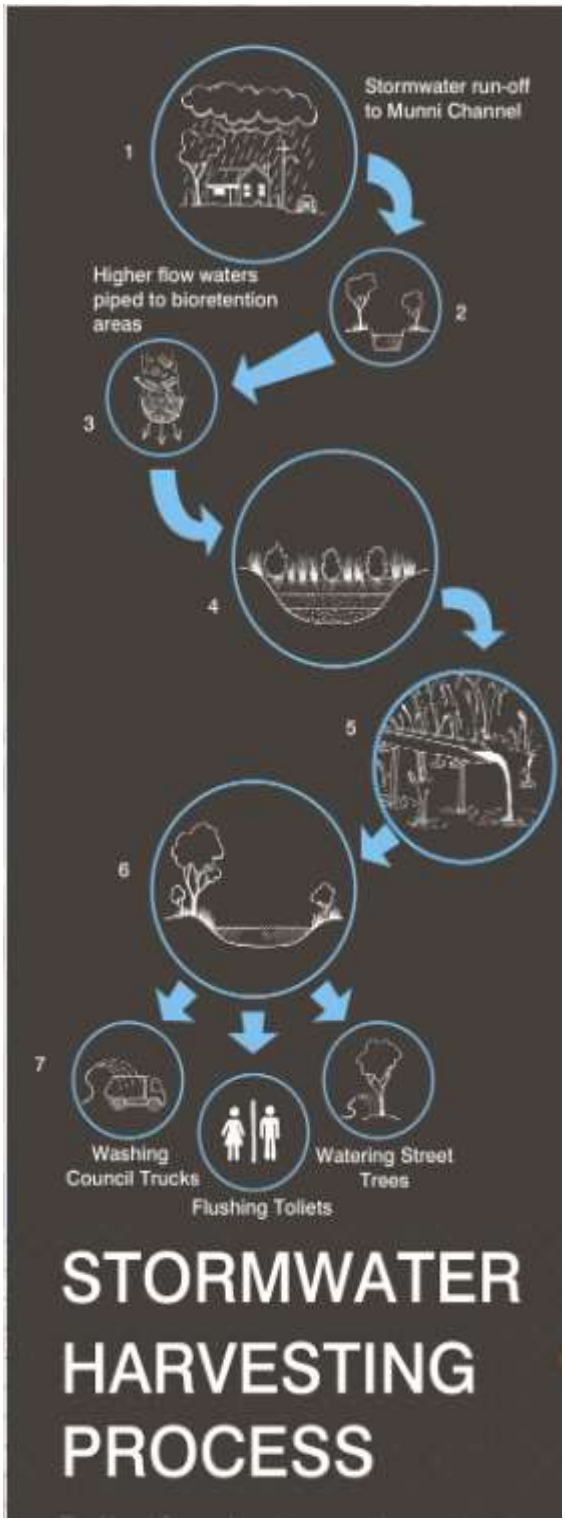
٥. أعمال فنية من السقوط المائي في البرك: يتم توزيع المياه النقية في الأراضي الرطبة عبر قناة الطين.

٦. الأراضي الرطبة: يتم إطلاق المياه الخارجة من الاحتباس البيولوجي عبر القنوات في الأراضي الرطبة حيث يتم تخزينها قبل إعادة استخدامها في جميع أنحاء حديقة سيدني.

٧. عملية نقل المياه من الاحتباس البيولوجي إلى الأراضي الرطبة يتم تكرارها من خلال مجموعة من التدخلات وأحد هذه التدخلات هي الشلالات وهي عبارة عن سلسلة من البرك والسدود التي تخلق موائل متتالية. تعمل الحركة الديناميكية للمياه على

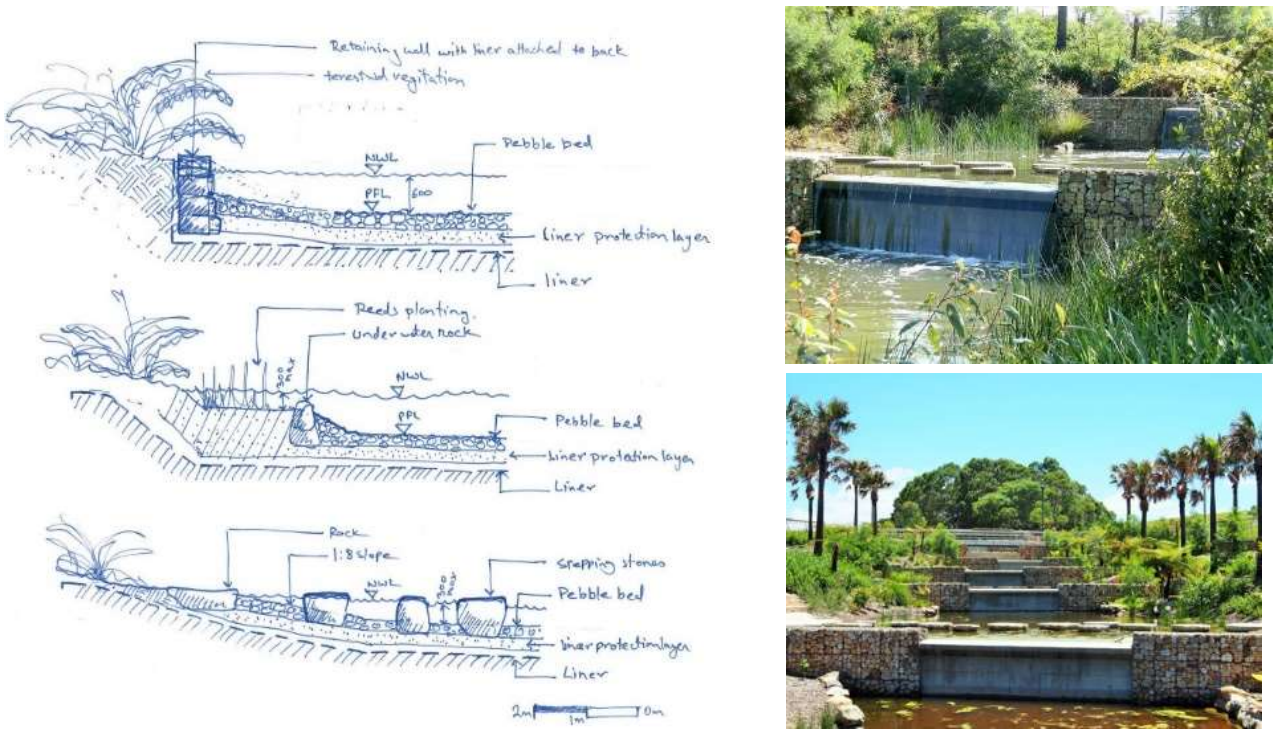
٨. حبس أي رواسب متبقية في الأراضي الرطبة الأعلى أثناء تهوية المياه مما يساعد في زيادة تشبع الأكسجين.

٩. إعادة تدوير إمدادات المياه: يتم إعادة استخدام مياه الأمطار المعالجة في جميع أنحاء الحديقة (غسيل شاحنات، دورات المياه، ري أشجار).



شكل ٨٦: مراحل معالجة المياه[٢٥٧]

- يوجد سلسلة من ٥ جدران استنادية مكسوّة بألواح التراب "الشلالات" أثناء تحركها بين الأراضي الرطبة ١ و٢ وتسمح الجسور وأحجار الانطلاق العريضة باجتياز الشلالات في نقاط مختلفة. تتيح التراسات والمقاعد الصغيرة داخل الشلالات مشاهدة المناظر الخلابة، ويدعم المجرى زيادة في التنوع البيولوجي بنسبة ١٧٨٪.



شكل ٨٧: الشلالات في حديقة سيدني[٢٥٨]

- **المواد المستخدمة (Materials):** تشمل المواد أنابيب التيراكوتا المستخدمة في شلالات المياه، والقناة المصنوعة من الصلب والطوب، وجدران التراب، والطوب المعاد تدويره الذي يوضع في بعض المسارات، بالإضافة إلى سلسلة من قنوات الطين المرتفعة التي تعكس تاريخ الموقع وتقوم بتهوية وتوزيع المياه في جميع أنحاء نظام الأراضي الرطبة[٢٥٩].

---

[257] Mooool. (2019). Water Falls by STUDIO TCS. Available at: https://mooool.com/en/water-falls-by-studio-tcs.html (Accessed on Oct. 6, 2022).

[258] ArchDaily. (2016). Sydney Park Water Re-Use Project. Available at: https://www.archdaily.com/793523/sydney-park-water-re-use-project-turf-design-studio-plus-environmental-partnership-alluvium-turpin-plus-crawford-dragonfly-and-partridge?ad_medium=gallery (Accessed on Oct. 5, 2022).

[259] Landscape Performance Series. (2012). Sydney Park Water Re-use Project. Available at: https://www.landscapeperformance.org/case-study-briefs/sydney-park-water-re-use-project#/challenge-solution (accessed on September 30, 2022).

- وضع الحجر الرملي المتدرج في الماء ليخلق فرصًا للعب وللتفاعل مع الماء.

شكل ٨٨: الأحجار المتدرجة في الماء[٢٦٠]

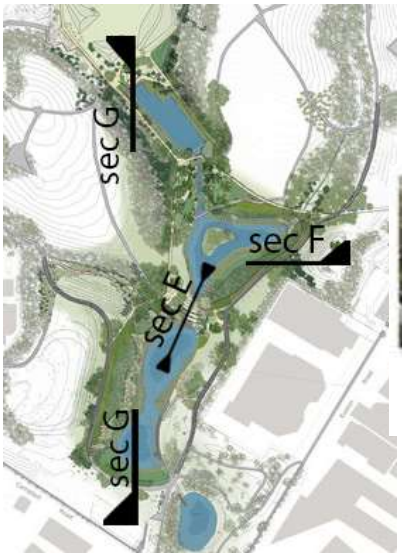
- **المسارات:** يوفر التسلسل الهرمي للمسارات والممرات الخشبية والجسور ونقاط الانطلاق وتركيبات الإضاءة ومناطق الجلوس للزوار فرصًا متنوعة للتفاعل مع الأراضي الرطبة، حيث تتمركز كل هذه المسارات حول حواف الأراضي الرطبة[٢٦١].

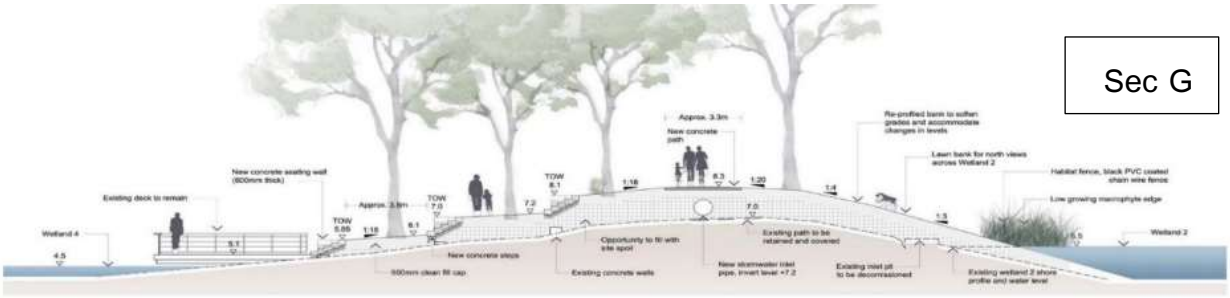
شكل ٨٩: المسارات والجسور حول الأراضي الرطبة[٢٦٢]

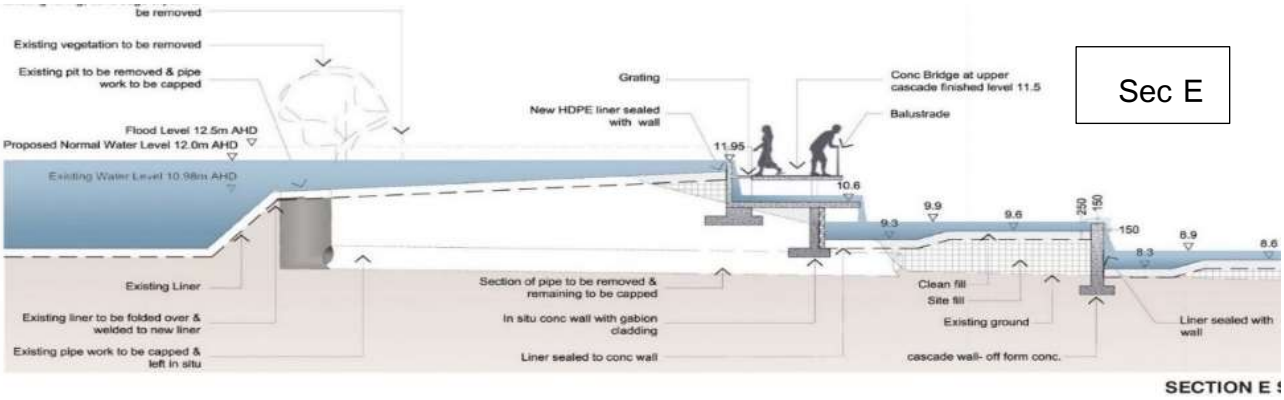
[260] Landscape Performance Series. (2012). Sydney Park Water Re-use Project. Available at: https://www.landscapeperformance.org/case-study-briefs/sydney-park-water-re-use-project#/challenge-solution (Accessed on September 30, 2022).

[261] Landscape Performance Series. (2021). Sydney Park Water Re-use Project. Available at: https://www.landscapeperformance.org/case-study-briefs/sydney-park-water-re-use-project#/challenge-solution (Accessed on September 30, 2022).

[262] Architecture & Design. (2016). Urban Design Architecture & Landscape Projects. Available at: https://www.architectureanddesign.com.au/projects/landscape-urban-design/sydney-park-water-re-use-project-by-turf-design-st (Accessed on September 30, 2022).







شكل ٩٠: قطاعات المشروع[٢٦٣]

[263] Landscape Performance Series. (2021). Sydney Park Water Re-use Project. Available at: https://www.landscapeperformance.org/case-study-briefs/sydney-park-water-re-use-project#/challenge-solution (Accessed on September 30, 2022).

- إظهار تدفقات المياه وعمليات إعادة استخدام المياه يمثل جزءًا مهمًا من المشروع، لإنها تسلط الضوء على العلاقة الجوهرية بين المياه والحياة الحضرية والأشخاص وتعلمهم أهمية إدارة المياه والوعي بأهميتها.

شكل ٩١: إظهار تدفقات المياه أمام الناس[٢٦٤]

- التنوع البيولوجي: تجتذب الأراضي الرطبة حياة برية جديدة إلى المنتزه، الذي أصبح يضم عدداً كبيراً من أنواع الطيور المحلية في المنطقة [٢٦٥]. تزدهر الحيوانات والنباتات في الحديقة، حيث يتم باستمرار إنشاء موائل جديدة وحماية الموائل الموجودة وتعزيزها في جميع أنحاء الحديقة.

٦.٣.٥.٣ فوائد المشروع

أ. بيئياً:

التقنيات المستخدمة تلتقط وتنظف حوالي ٨٥٠ مليون لتر من مياه الأمطار في السنة، بالإضافة إلى تحسين جودة المياه في الأراضي الرطبة، والذي ظهر من خلال زيادة عدد الحالات التي تتوافق فيها عينات المياه مع الإرشادات المحلية، فمثلاً تم قياس انخفاض بنسبة ٦٨٪ في تركيزات عنصر النحاس، و٥٠٪ انخفاض في النيكل، و٨٥٪ انخفاض في النيتروجين، و ٦٨٪ انخفاض في الزنك، بما يتوافق مع الإرشادات المحلية لجودة المياه. علاوة على ذلك فقد دعم المشروع زيادة بنسبة ٢٤ ٪ في عدد أنواع الطيور المسجلة من عام ٢٠١٣ إلى عام ٢٠١٩ مع إضافة ٠.٩٥ فدان من موطن غابات الأخاديد[٢٦٦].

---

[264] Landscape. (2018). Sydney Park Water Re-Use Project: Transforming urban landscapes through water harvesting. Available at https://landscape.coac.net/zh-hans/node/21 (Accessed on September 30, 2022).

[265] Architizer. (2020). Sydney Park Water Re-Use Project. Available at: https://architizer.com/blog/projects/sydney-park-water-re-use-project/ (Accessed on September 30, 2022).

[266] Landscape Performance Series. (2012). Sydney Park Water Re-use Project. Available at: https://www.landscapeperformance.org/case-study-briefs/sydney-park-water-re-use-project#/challenge-solution (accessed on September 30, 2022).

ب. اجتماعياً:

توفر الحديقة أنشطة اجتماعية متعددة تحيط بها المناظر الطبيعية، يمكن أن تكون مرحة أو هادئة، وجميعها مرتبطة بالمياه.

ج. اقتصادياً:

يوفر المشروع من تكاليف معالجة المياه وتنقيتها، ويتيح فرص عمل للمجتمع، ويزيد من قيمة العقارات المجاورة.

٧.٣.٥.٣ دراسة SWOT (نقاط القوة والضعف والفرص والتهديدات) لمشروع حديقة سيدني:

شكل ٩٢: دراسة SWOT لمشروع سيدني (من صياغة الباحث)

٨.٣.٥.٣ تقييم المؤشرات العامة لنجاح مشروع ويليو في تحقيق أبعاد الاستدامة:

التصنيف	المؤشر	مؤشرات فرعية	نوع القياس	النتائج
بيئي	المياه	– المياه المعاد استخدامها: النسبة المئوية للمياه المعاد استخدامها.	كمي	يتم التقاط ٨٥٠ مليون لتر من مياه العواصف وتنظيفها سنويًا.
		– جودة المياه: النسبة المئوية للملوثات التي يتم إزالتها من خلال الأراضي الرطبة المشيدة.		
	الطاقة	– الحفاظ على طاقة البناء: النسبة المئوية من الطاقة المحفوظة أثناء مرحلة البناء مقارنة بمحطة المعالجة التقليدية.	كمي	غير متوفر بيانات
	المواد المستخدمة	– المواد المعاد تدويرها: النسبة المئوية للمواد المعاد تدويرها أو الحصول عليها من المواد الموجودة في الموقع.	كمي	– استخدام الطوب المعاد تدويره الذي يحيط ببعض المسارات، مع سلسلة من قنوات الطين المرتفعة التي تعكس تاريخ الموقع.
		– المواد الخطرة: النسبة المئوية للمواد الخطرة والمواد الكيميائية المستخدمة في عملية معالجة المياه مقارنة بعمليات المعالجة التقليدية.		– كانت النفايات السابقة، والمواد المحفورة ملوثة بشكل عام. بدلاً من التخلص منها خارج الموقع، تم دمج الحشوة في التصميم كسلسلة من التلال النحتية، وتغطيتها لاحتواء الملوثات.
	المخلفات الصلبة والسائلة	نوعية / كمية النفايات التي يتم تفريغها أثناء عملية المعالجة.	كمي/كيفي	أُعيد تنشيط ٤٠ هكتارًا من موقع دفن النفايات السابق إلى الأراضي الرطبة والملاعب وموائل الحياة البرية والمناطق الترفيهية.
	البصمة الكربونية	– البصمة الكربونية: كمية ثاني أكسيد الكربون وانبعاثات الغازات الدفيئة الأخرى المرتبطة بمشروع الأراضي الرطبة مقارنة بمحطة المعالجة التقليدية.	كمي	غير متوفر بيانات
	جودة الهواء	– جودة الهواء: تحسن جودة الهواء بسبب زيادة الغطاء النباتي.	كمي	
	التنوع البيولوجي	– عدد أنواع الحيوانات والنباتات التي تم إدخالها إلى الموطن	كمي	دعم المشروع زيادة بنسبة ٢٤ ٪ في عدد أنواع الطيور المسجلة من عام ٢٠١٣ إلى عام ٢٠١٩ مع إضافة ٠.٩٥ فدان من موطن غابات الأخاديد.
اجتماعي	توعية المجتمع	– درجة وعي المجتمع بمشاكل ندرة المياه والتدابير المستدامة المحتملة.	كيفي	– يعزز وعي الجمهور بالجوانب البيئية للحديقة
				– توفر الحديقة المعلومات للزوار داخل الحديقة حول معالجة المياه والوظيفة البيئية للأراضي الرطبة.
	حجم المجتمع	عدد الزوار المحتملين لمشروع حديقة الأراضي الرطبة على نطاق زمني محدد.	كمي	غير متوفر بيانات
	القبول الاجتماعي	درجة قبول المجتمع للمشروع	كيفي	– نال هذا المشروع إقبالاً شديداً وجذب العديد من الزوار يومياً.
				– تصميم الحديقة يؤكد على العلاقة الجوهرية بين الماء والناس، والتضاريس والنباتات والحيوانات.
	المشاركة العامة	درجة المشاركة المجتمعية النشطة خلال مراحل المشروع المختلفة	كيفي	توفر الحديقة أنشطة اجتماعية متعددة مرحة أو هادئة، وجميعها مرتبطة بالمياه.
	التعليم والتدريب	الخدمات التعليمية والتدريبية التي يقدمها المشروع خلال مراحله المختلفة.	كيفي	– توفر الحديقة فرصة لتعزيز التعليم البيئي للمواطنين.
	القيم الاجتماعية	القيم الاجتماعية والاتصال بين المجتمع المحلي وزوار الحديقة.	كيفي	غير متوفر بيانات
	القيم الجمالية	– القيمة الجمالية البصرية للمشروع للمجتمع المحلي	كيفي	– أدى المشروع إلى تحسين وسائل الراحة البصرية داخل المتنزه.
		– فعالية الحد من الرائحة		– خلق هذا المشروع تجربة فنية في الطبيعة من خلال شلالات المياه وتفاعل الناس معها.
اقتصادي	إجمالي تكلفة المشروع	القيمة الحالية لإجمالي التكاليف المرتبطة بتنفيذ المشروع، بما في ذلك تكلفة رأس المال والتشغيل والصيانة.	كمي	بلغت تكلفة المشروع ١١ مليون دولار.
	قيمة الأرض المستخدمة	القيمة الاقتصادية للأرض التي يستخدمها المشروع مقابل استخدامها للتطويرات الأخرى.	كمي	غير متوفر بيانات
	الإنتاجية	الإيرادات الاقتصادية المحتملة من تنفيذ المشروع.	كمي	غير متوفر بيانات

جدول ٥: مؤشرات الاستدامة لحديقة سيدني (الجدول من صياغة الباحث)[٢٦٧]

[267] Landscape Performance Series. (2012). Sydney Park Water Re-use Project. Available at: https://www.landscapeperformance.org/case-study-briefs/sydney-park-water-re-use-project#/challenge-solution (accessed on September 30, 2022).

٩.٣.٥.٣ نتائج دراسة مشروع حديقة سيدني

- التصميم كان عبارة عن أربع برك من الأراضي الرطبة يتم معالجة المياه بها من خلال النباتات المائية وبعد ذلك تخزينها لاستخدامها في الأغراض المختلفة في الحديقة.
- إعادة إنشاء موطن محلي متنوع به موائل جديدة مع حماية الموائل الموجودة وتعزيزها في جميع أنحاء الحديقة.
- تم الحفاظ على التراث الصناعي القديم المرتبط بالمنطقة من خلال الأفران ومداخن أعمال الطوب الموجودة في زاوية طريق سيدني، وأنابيب الفخار المستخدمة فيها إشارة إلى تاريخ الموقع كأعمال الطوب
- وضع أحجار من الحجر الرملي المتدرج في الماء ليخلق فرصًا للعب وللتفاعل مع الماء
- إثراء القيمة الجمالية للحديقة (الشلالات والأحجار المتدرجة بها للسماح للناس بالتفاعل معها وتعليمهم أهمية إدارة المياه).

٦.٣ تحليل مقارن للحالات الدراسية

التصنيف	المؤشر	وادي حنيفة بالرياض	حديقة ويليو للأراضي الرطبة بالصين	حديقة سيدني للأراضي الرطبة بأستراليا
بيئي	المياه	– يقلل الوادي من استهلاك مياه الشرب في أغراض الري بمقدار ٩٢.٥ مليون جالون يوميًا بطاقة ٣١٧ مليون جالون يومياً مقدرة بحلول عام ٢٠٢٥، مقارنة بـ ١.٥ حوض استحمام لكل ساكن في الرياض يومياً.	– تلتقط الحديقة وتنظف ٨٥٠ مليون لتر من مياه الأمطار سنويًا، مما يجعل هذه المياه متاحة لإعادة الاستخدام.	– يتم التقاط ٨٥٠ مليون لتر من مياه العواصف وتنظيفها سنويًا.
		– يتم تنظيف ٣٥٠.٠٠٠ متر مكعب من مياه الصرف الصحي في المناطق الحضرية يوميًا (٢٠١٠).	– يمكن للأراضي الرطبة المشيدة معالجة حوالي ٨٠٠٠ متر مكعب من المياه العادمة يوميًا حيث وصلت الكمية الإجمالية للمياه المعاد استخدامها بعد المعالجة إلى ٢.٤ × ١٠٦ م ٣ سنويًا.	
		– يتم تنظيف ١.٢٠٠.٠٠٠ متر مكعب من مياه الصرف الصحي الحضرية يوميًا في عام ٢٠٢٥.	– أظهرت مستويات COD وNH٣–N وTP وTN في الماء انخفاضًا بنسبة ٨٩.٦٪ و ٩٨.٤٪ و ٩٦.٦٪ و ٧٩.٥٪ على التوالي.	
		– يزيل نظام المعالجة ٣٣٪ من الفوسفور، ١٣.٥٪ نيتروجين، و٩٤٪ من الجسيمات العالقة في المتوسط من مياه الصرف الصحي الحضرية.		
	الطاقة	غير متوفر بيانات	غير متوفر بيانات	غير متوفر بيانات
	المواد المستخدمة	– تم بناء مرفق العلاج الحيوي بمواد طبيعية.	– تم استخدام الأحجار في المسارات.	– استخدام الطوب المعاد تدويره الذي يحيط ببعض المسارات، مع سلسلة من قنوات الطين المرتفعة التي تعكس تاريخ الموقع.
		– إعادة إنشاء المناظر الطبيعية في الصحراء. – إنشاء سلسلة من السدود الحجرية الطبيعية.	– إنشاء سلسلة من السدود الحجرية الطبيعية.	– كانت النفايات السابقة، والمواد المحفورة ملوثة بشكل عام. بدلاً من التخلص منها خارج الموقع، تم دمج الحشوة في التصميم كسلسلة من التلال النحتية، وتغطيتها لاحتواء الملوثات.
	المخلفات الصلبة والسائلة	– إزالة ١٧.٧ مليون قدم مكعب من النفايات الصناعية والبلدية من مساحة ٤ أميال مربعة، وهو ما يكفي لملء ملعب كرة قدم.	– تم جمع عينات المياه من أحد منافذ الصرف في محطة الصرف الصحي في أغسطس ٢٠١٥ ومايو ٢٠١٦ فأظهرت العيّنتان أن تركيز TP وTN للمياه في منافذ الصرف كان مرتفعًا مما يشير إلى أن المياه كانت ملوثة بشكل خطير.	– أُعيد تنشيط ٤٠ هكتارًا من موقع دفن النفايات السابق إلى الأراضي الرطبة والملاعب وموائل الحياة البرية والمناطق الترفيهية.
		– بلغ تركيز المواد الصلبة العالقة ٣٠ مجم/لتر.	– تم أخذ عينات من أربعة أنواع تربة في السهول الفيضية بالموقع (بعمق ٠ ~ ٥ سم) لتقييم صحة التربة، وأظهرت النتائج أن تركيز عنصر الكادميوم والنحاس والزنك والرصاص والكروم كان منخفضًا ويتوافق مع معيار التربة من الدرجة الأولى، مما يشير إلى أن التربة لم تكن ملوثة بالمعادن الثقيلة.	
	البصمة الكربونية	– يتم حجز ٨٩١٤٤.٩ رطلاً من الكربون الجوي سنويًا في ٢٨.٠٢١ شجرة مزروعة حديثًا.	غير متوفر بيانات	غير متوفر بيانات
		– إجمالي المساحة النباتية الجديدة = ١٤٩.٨ فدانًا، النسبة المئوية للمساحة النباتية = ٤.٠٪		
	التنوع البيولوجي	– إعادة تجنيس ١١٥ فدانًا بأنواع نباتية محلية و٣٥ فدانًا بالأعشاب المحلية المصنفة والنباتات المعمرة لتحسين الموائل النهرية. بين عامي ٢٠١٠ و٢٠١٥ نمت هذه المناطق بمقدار ٤٧ فدانًا من خلال التكاثر الذاتي.	– حدد المشروع هدفه في إعادة إنشاء موطن محلي متنوع باستخدام الأشجار الموجودة وبرك القصب البرية، وطبق التصميم تشكيلًا بسيطًا للأرض بإعادة زراعة دقيقة للأشجار المحلية والشجيرات والنباتات المائية من أجل استعادة الملاجئ والموائل للحياة المائية والبرمائيات والطيور.	– دعم المشروع زيادة بنسبة ٢٤ ٪ في عدد أنواع الطيور المسجلة من عام ٢٠١٣ إلى عام ٢٠١٩ مع إضافة ٠.٩٥ فدان من موطن غابات الأخاديد.
اجتماعي	توعية المجتمع	غير متوفر بيانات	– توفر الحديقة فرصة لتعزيز التعليم البيئي للمواطنين.	– يعزز وعي الجمهور بالجوانب البيئية للحديقة
			– يشتمل نظام معالجة مياه الأمطار على سمات ووظائف النظم البيئية الطبيعية ويدمج أحدث العلوم والتصميم البيئي مع تصميم المناظر الطبيعية والفن العام لإنشاء بنية تحتية أساسية.	– توفر الحديقة المعلومات للزوار داخل الحديقة حول معالجة المياه والوظيفة البيئية للأراضي الرطبة.
	حجم المجتمع	– يجذب الوادي ٢٠٠ ألف زائر أسبوعياً	غير متوفر بيانات	غير متوفر بيانات
	القبول الاجتماعي	– نال هذا المشروع إعجاب كثير من الزوار وأيضاً المختصين والخبراء في مختلف دول العالم. حيث حصل على العديد من الجوائز: فاز المشروع بالجائزة الذهبية في جانب "المشاريع البيئية" المقدمة من مؤسسة الجائزة العالمية للمجتمعات الحيوية في لندن ببريطانيا لعام ٢٠٠٧, كما فاز بجائزة الأغا خان للعمارة لعام ٢٠١٠.	– نال هذا المشروع إقبالاً شديداً وجذب العديد من الزوار يومياً.	– نال هذا المشروع إقبالاً شديداً وجذب العديد من الزوار يومياً.
			– تم عمل استبيانات للمشروع فمن بين ٤٦٢ استبيانًا صالحًا تم تلقيه، كان معدل الرضا العام للمنتزه الجديد ٩٤٪، وكانت معدلات الرضا عن الراحة، وتجارب الطبيعة، وترفيه الأطفال والأنشطة الترفيهية لكبار السن ٩٠٪ و٨٦٪ و٧٧٪ و٨٠٪ على التوالي.	– تصميم الحديقة يؤكد على العلاقة الجوهرية بين الماء والناس، والتضاريس، والنباتات، والحيوانات.
	المشاركة العامة	غير متوفر بيانات	– توفر تجارب ترفيهية متنوعة وفرصًا لإشراك الجمهور، وتعزيز التعليم البيئي للمواطنين، وتحسين الصحة البدنية والعقلية.	– توفر الحديقة أنشطة اجتماعية متعددة مرحة ومثيرة وهادئة، وجميعها مرتبطة بالمياه.
	التعليم والتدريب	– حسب الخطة المستقبلية للمشروع سيتم إنشاء مركز زوار تعليمي داخل حدود الوادي، سيركز هذا المركز على الجانب التعليمي والاجتماعي باستخدام مقاطع فيديو وبرامج تفاعلية لإظهار مدى أهمية الوادي.	– توفر الحديقة فرصة لتعزيز التعليم البيئي للمواطنين.	– توفر الحديقة فرصة لتعزيز التعليم البيئي للمواطنين.
			– يحتوي المشروع على مركز ثقافي يتم فيه التعرف على نظام معالجة مياه الأمطار وعلى سمات ووظائف النظم البيئية الطبيعية.	
	القيم الاجتماعية	– هذا التصميم يتناسب مع طبيعة المكان وزواره وبالتالي نال قبول من المجتمع	غير متوفر بيانات	غير متوفر بيانات
	القيم الجمالية	– القيم الجمالية للمشروع تتناسب مع الطبيعة الموجودة في هذه المنطقة الصحراوية.	– خلق هذا المشروع تجربة فنية في الطبيعة.	– أدى المشروع إلى تحسين وسائل الراحة البصرية داخل المتنزه.
		– لا تتولد أي روائح كريهة بسبب ارتفاع متوسط تركيز الأكسجين المذاب في مجرى المياه.	– يتم التعبير عن العناصر الفنية من خلال الجسور الملونة، والمناظر الطبيعية، وتشكيل الممرات، ومنصات المشاهدة، التي ترمز إلى تكامل المياه والثقافة المحلية.	– خلق هذا المشروع تجربة فنية في الطبيعة. من خلال شلالات المياه وتفاعل الناس معها
			– يعزز المشروع رؤية المشهد العام للحديقة من خلال خلق صورة بصرية مثيرة وهادئة وهي كلها مرتبطة بحركة المياه.	
اقتصادي	إجمالي تكلفة المشروع	– بلغت تكلفة المشروع الإجمالية حوالي ٦٠٠ مليون ريال.	– بلغت تكلفة المشروع الإجمالية ٨٠ مليون يوان.	– بلغت تكلفة المشروع ١١ مليون دولار.
	قيمة الأرض المستخدمة	– القيم العقارية على طول الوادي ارتفعت بمقدار عشرة أضعاف.	– أظهرت دراسة التكلفة والعائد أن متوسط تكلفة البناء للحديقة كان أقل من ثلث الحدائق المحلية المماثلة في المدينة، بالإضافة لارتفاع قيمة العقارات في المناطق المجاورة.	غير متوفر بيانات
		– ازدادت القيمة الاقتصادية للمزارع والمناطق القائمة على الوادي، مما أضاف مردوداً اقتصادياً على أصحاب المزارع وارتفاع الجوانب التخطيطية في البناء والتعمير بفضل مشروع التأهيل البيئي.		
		– يوجد على طول الوادي مقاهي متنوعة ومتاجر لخدمة المتنزهين والرياضيين ومراكز صيانة.		
	الإنتاجية	غير متوفر بيانات	– تتلقى الحديقة الدخل من الملاعب الرياضية، ومرافق الخدمة الأخرى بحيث يضمن التشغيل المستدام للحديقة	غير متوفر بيانات

جدول ٦: تحليل مقارن للحالات الدراسية (من صياغة الباحث)

٧.٣ النتائج العامة

من خلال دراسة التجارب العالمية السابقة نجد أن حدائق الأراضي الرطبة المشيدة بها ثوابت ومتغيرات تصميمية حيث يتم استنتاج الآتي:

- استخدام تقنيات الأراضي الرطبة المشيدة كأسلوب لتصميم الحدائق أسلوب فعال لتحقيق عدة نشاطات (بيئية، واقتصادية، واجتماعية).
- يمكن دمج الأراضي الرطبة المشيدة مع الأراضي الرطبة الطبيعية في نظام بيئي واحد كما في حديقة ويليو وهذا يحقق التنوع البيولوجي ويساعد على تحسن البيئة.
- تختلف أساليب تصميم الأراضي الرطبة المشيدة طبقا للمناخ وأنواع مشكلات المياه الموجودة في الإقليم.
- المشروع يتم تقسيمه إلى أجزاء (طولي أو عرضي) وذلك طبقاً لطبيعة الموقع والطبوغرافيا.
- مرحلة المعالجة في حديقة الأراضي الرطبة المشيدة موجودة في كل المشاريع، حيث إنها تتم في المنطقة التي تصب فيها المخلفات والنفايات، ولكن بأشكال مختلفة.
- في المعالجة يوجد منطقة الأراضي الرطبة ذات التدفق تحت السطحي (sub surface) وهذه المنطقة قريبة من مدخل المياه الملوثة وبالتالي غير محبب وجود أنشطة في هذه المنطقة نظراً للرائحة الكريهة كما في حديقة ويليو ثم بعد ذلك تمر عبر منطقة الأراضي الرطبة ذات التدفق السطحي (free surface), وهنا يسمح في هذه المرحلة بالتفاعل مع المياه وعمل أنشطة مائية.
- استخدام النباتات المحلية الموجودة في الموقع.
- استخدام الأحجار أو الصخور في المياه للمساعدة في تزويد الماء بالأكسجين وفي نفس الوقت ميزة للعب.
- ربط مسارات المشاة بمسارات المياه وذلك في مرحلة الأراضي الرطبة ذات التدفق السطحي للسماح للناس بالتفاعل معها مما يساعد في تعليمهم أهمية إدارة المياه.

٨.٣ معايير تصميم حدائق الأراضي الرطبة المشيدة[٢٦٨]

من أجل تحقيق الفوائد المحتملة من حديقة الأراضي الرطبة المشيدة، يجب أن يتضمن التصميم مميزات المناظر الطبيعية متعددة الوظائف. ويمكن أن يتم سرد مجموعة من معايير التصميم هذه كما يلي:

١.٨.٣ جودة المياه

- تصميم يضمن أقصى وقت للاحتفاظ بالمياه لإتاحة تنقية فعالة.
- تصميم أحواض مائية بأعماق مختلفة، حيث توفر الأحواض الضحلة اتصالًا مباشرًا بجذور النباتات والنباتات الدقيقة، بينما تعزز الأحواض العميقة العمليات اللاهوائية.
- تعزيز التوزيع المنتظم مستجمعات المياه لتشكيل شبكة معالجة مياه متكاملة.
- خلق تنوع بيئي داخل الأراضي الرطبة من خلال دعم تعرض المياه لمختلف الظروف لعمليات التنقية المختلفة.
- الحفاظ على نسبة ١:٢٠ بين عرض وطول المسطحات المائية.
- تصميم حديقة الأراضي الرطبة بحيث توفر تعدد خلايا الأراضي الرطبة بأحجام مختلفة.

٢.٨.٣ جودة المكان

- التأكد من وجود مساحة مناسبة لإثراء المناظر الطبيعية بالأنشطة الترفيهية المختلفة مثل المشي وركوب الدراجات والمشي لمسافات طويلة وصيد الأسماك وركوب القوارب.
- تصميم مناطق مختلفة من المساحات المفتوحة مع مناطق جلوس مظللة مناسبة وأثاث المناظر الطبيعية لتعزيز التفاعل والتواصل الاجتماعي.
- ضمان السلامة والأمان للأراضي الرطبة والمناطق المجاورة، مما يستلزم عادةً خلق المزيد من المساحات المفتوحة.

٣.٨.٣ تعزيز الموائل والتنوع البيولوجي

- تعزيز التنوع البيولوجي النباتي من خلال زراعة النباتات على ضفاف خلايا الأراضي الرطبة.
- السماح بتنوع الحيوانات من أجل تجنب زيادة أعداد البعوض.

---

[268] Gaber, R. M. (2020). Implementation of Constructed Wetlands Landscape design: A Resilient Application. Cairo, Egypt. Faculty of Urban & Regional Planning, Cairo University, Journal of Urban Research, Vol. 36. pp: 10-20.

٤.٨.٣ مقاومة تغير المناخ

- يجب الحفاظ على مستوى كثيف من الغطاء النباتي، نظرًا لأن مستويات الكربون هي أحد العوامل الرئيسية التي تؤثر على جودة الهواء والمشاكل المتعلقة بالمناخ.
- تصميم الشبكات لتجنب الغمر الدائم لخلايا الأراضي الرطبة من خلال المراقبة والصيانة المتكررة.

الفصل الرابع

٤ دراسة الحالة المصرية

١.٤ الحدائق في مصر

تعد الحدائق والمساحات الخضراء رئة المدينة والمتنفس الحقيقي لها وخاصة المدن التي تضج بالزحام والتلوث والكثافة العمرانية المتزايدة، ومن خلال ذلك المنطلق أُسست الحدائق العامة بمعظم مدن العالم بما في ذلك المدن المصرية، واهتم الإنسان بتنسيقها وتعظيم الاستفادة منها. وقد تطور تصميم الحدائق مع تطور الإنسان المدني والحضري حيث برزت كواحدة من العناصر العمرانية الهامة لأي مدينة. يوجد بمصر الكثير من الحدائق سواء العامة أو التراثية بالقاهرة أو المدن الأخرى، وكان أول ظهور حقيقي للحدائق العامة في عصر الدولة المصرية الحديثة حين أُنشئت العديد من الحدائق بالقناطر الخيرية وغيرها[٢٦٩].

١.١.٤ تصنيف الحدائق

تعددت وجهات النظر التي من خلالها تصنف المناطق الخضراء المفتوحة والمنتزهات من خلال توجهات منسقي المواقع والمخططين. حيث يمكن تصنيف الحدائق وفقاً للوظيفة الأساسية التي تؤديها سواء كانت (انتفاعية، ترفيهية، ثقافية، تاريخية)، وتصنف أيضاً وفقاً للطراز (طراز هندسي، طراز طبيعي، طراز حديث)، أو التصنيف وفقاً للمكون الأساسي (حدائق مائية، حدائق صخرية، حدائق النباتات، حدائق الحيوان، حدائق الأسماك)، أو التصنيف وفقاً للطابع الغالب على الحديقة (الطابع المحلى، الطابع المستورد، الطابع الدولي)[٢٧٠].

٢.١.٤ حدائق الأراضي الرطبة في مصر

تستخدم الأراضي الرطبة المشيدة الآن كأداة بيئية في العديد من البلدان، حيث تحقق العديد من الفوائد مثل زيادة التنوع البيولوجي والموائل ومعالجة المياه وتقليل تلوث الهواء، واستخدمت هذه التكنولوجيا في مصر كأداة لمعالجة المياه في المشروعات الصغيرة في البحيرات الشمالية.

---

[٢٦٩] على, مصطفي. (٢٠١٢). إحياء طابع الحدائق ذات القيمة التراثية: دراسة تحليلية لمنطقة حدائق القناطر الخيرية. القاهرة, رسالة ماجستير غير منشورة. كلية الهندسة, جامعة القاهرة.

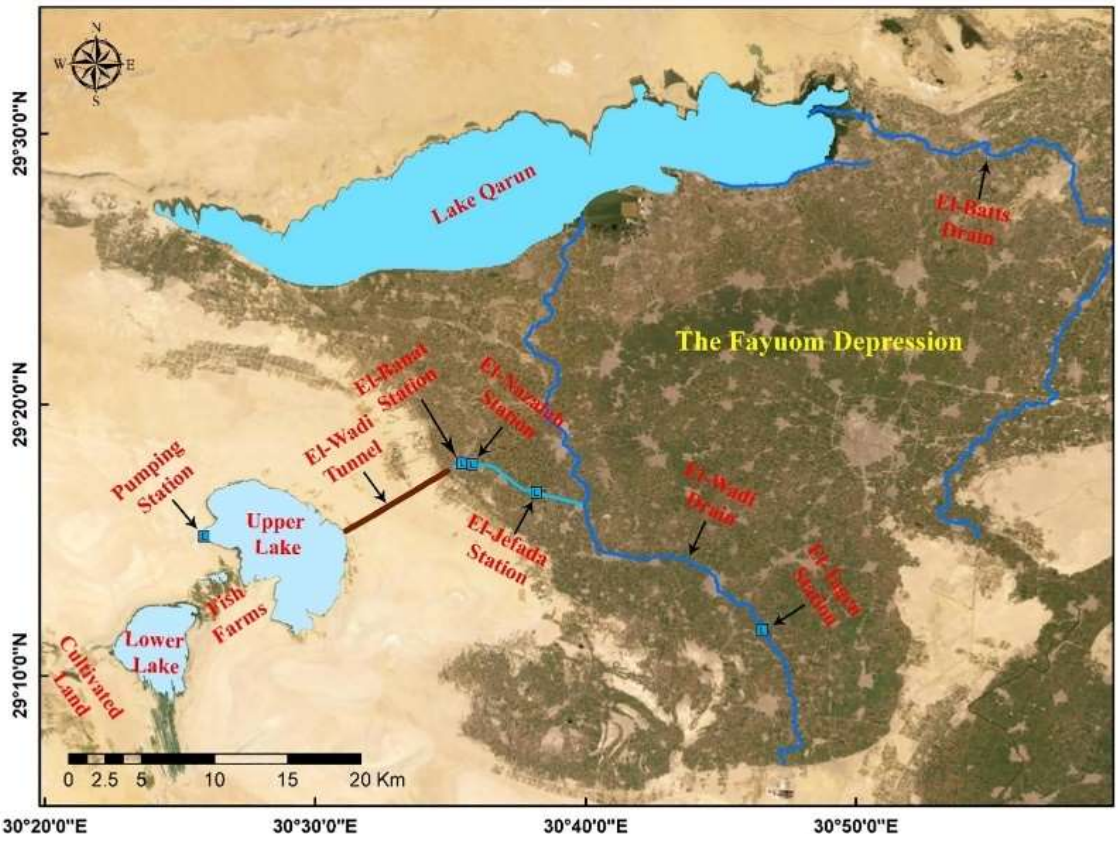
[٢٧٠] على, مصطفي. (٢٠١٢). إحياء طابع الحدائق ذات القيمة التراثية: دراسة تحليلية لمنطقة حدائق القناطر الخيرية. القاهرة, رسالة ماجستير غير منشورة. كلية الهندسة, جامعة القاهرة.

أمثلة للأراضي الرطبة المشيدة في مصر

١.٢.١.٤ مشروع وادي الريان

أ. المقدمة

وادي الريان هو أحد المنخفضات في الصحراء الغربية لمصر على بعد ٤٠ كم جنوب غرب محافظة الفيوم. في أواخر الستينيات من القرن الماضي، زاد الصرف الزراعي لأراضي الفيوم الزراعية في بحيرة قارون، مما أدى إلى فيضان البحيرة وتهديد الأراضي الزراعية المجاورة. وهنا بدأت فكرة الاعتماد على منخفض الريان لأخذ جزء من مياه صرف الفيوم، وتم تصميم مخطط لنقل المياه من الأراضي الزراعية جنوب الفيوم إلى وادي الريان على طول قناة ضحلة.



شكل ٩٣: موقع مشروع وادي الريان[٢٧١]

[271] Bruzzone, D., Halle, M. & Parakatil, F. (2002). Wadi el Rayan Gateway to the Western Desert: Preface to the Atlas of the Wadi El Rayan Protected Area. Egypt, G. Mattravers, pp: 1-110. Available at: https://www.researchgate.net/publication/344849402_D_Bruzzone_M_Halle_and_FParakatil_Wadi_El_Rayan_Gateway_to_the_Western_Desert_Preface_to_the_Atlas_of_the_Wadi_El_Rayan_Protected_Area_G_Mattravers_Messana_Ed_Wadi_El_Rayan_Protected_Area_Italy's_Di (Accessed on Feb. 2, 2022).

تتمتع منطقة وادي الريان بمناخ صحراوي شديد الجفاف، حار وجاف مع أشعة الشمس الساطعة طوال العام. حيث تتلقى بحيرات وادي الريان تصريف مياه الصرف الزراعي من مصرف الوادي[٢٧٢].

ب. وصف المشروع:

تبلغ مساحة منخفض وادي الريان ٣٥٢.١٥ كم ٢ مع بحيرتين متتاليتين من صنع الإنسان متصلتين عبر قناة تقع في الصحراء الغربية، على بعد ٤٠ كم جنوب غرب محافظة الفيوم.[٢٧٣]. تم إنشاء بحيرتين صناعيتين على مستويين مختلفين لاستقبال فائض الصرف الزراعي وبينهما شلال يمثل نقطة جذب خاصة للمنطقة. تبلغ مساحة البحيرة الأولى حوالي ٥٣ كم^{٢} على ارتفاع ١٠ أمتار تحت مستوى سطح البحر، في حين أن البحيرة الثانية أكبر من البحيرة الأولى بمساحة ١١٠ كم^{٢} على ارتفاع ١٨ متر تحت مستوى سطح البحر. يتم نقل ٢٠٠ مليون متر مكعب من مياه الصرف الزراعي سنويًا إلى بحيرات وادي الريان[٢٧٤]. ترتبط البحيرتان بقناة متصلة بطول ٥ كيلومترات ومن خلال عدد من الشلالات. تتميز القناة المتصلة بمياه ضحلة دائمة توفر موطنًا مناسبًا لغطاء مستمر بواسطة النباتات المائية الكبيرة الناشئة.

ج. التحديات:

الزيادة المطردة في الملوحة وما يصاحبها من تغيرات بيئية، انخفاض الإنتاج السمكي الحاد في التنوع البيولوجي نتيجة ازدياد الأنشطة السياحية وما يصاحبها من تلوث وهرب الطيور المهاجرة[٢٧٥] .

---

[272] Ayyad, M.A., Ghabour, S.I. (1986). Hot deserts of Egypt and Sudan. Amsterdam, Evenari M, Noy-Meir I, Goodal D (eds) Ecosystems of the world. 12 B, Elsevier, Amsterdam, pp 149–207.

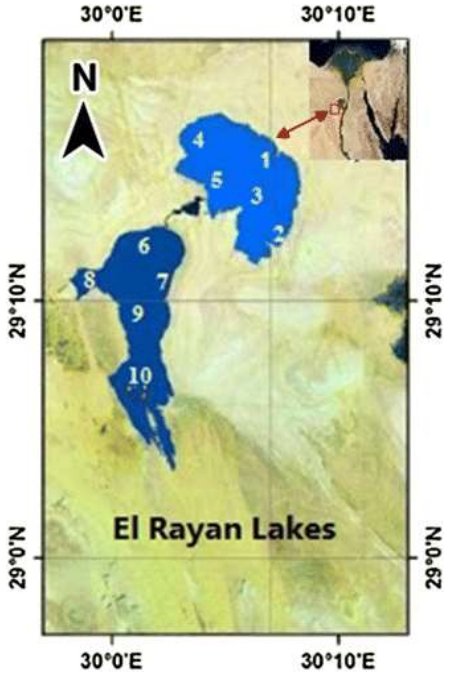
[273] Hereher, M.E. (2015). Assessing the dynamics of El-Rayan lakes using remote sensing techniques. Egypt, Arab J Geosci 8(4), pp: 1931–1938.

[274] Mansour, A. & Sidky, M. (2003). The first comparative study between Lake Qarun and Wadi El-Rayan wetland (Egypt), with respect to contamination of their major components.). Ecotoxicological Studies 6, Food Chemistry 82, pp. 181–189.

[275] EEAA. (2022). Lakes. Retrieved from Ministry of Environment, Egyptian Environmental Affairs Agency (EEAA), available at: https://www.eeaa.gov.eg/en-us/topics/water/lakes.aspx (Accessed on Aug. 8, 2022).

د. الإمكانيات:

تم تقييم الوضع الحالي لنوعية مياه البحيرات، خاصة بعد زيادة الأنشطة الاقتصادية غير الخاضعة للرقابة داخل حدودها[٢٧٦] من خلال أخذ عينات من مياه البحيرة.



شكل ٩٤: خريطة بحيرات وادي الريان توضح مواقع أخذ العينات[٢٧٧]

أظهرت النتائج أن مياه البحيرة العلوية قد تكون مناسبة لاستخدام الري، وتصنف نوعية المياه على أنها عادلة (WQI ٦٧ =). تصنف البحيرتان على أنهما هامشيان لموائل الحياة المائية، مع (٥٢ و WQI ٦١ =) للبحيرات العلوية والسفلية، على التوالي.

تمت دراسة ثمانية معادن ثقيلة (الكادميوم والكروم والنحاس والحديد والمنغنيز والنيكل والرصاص والزنك) لتقييم التلوث المعدني في مياه البحيرات. أظهر مؤشر التلوث (PI) ومؤشر المعادن (MI) أن مياه البحيرتين تعاني

[276] Goher, M. E., Mahdy, E. M. & Elsherif, A. (2019). Water quality status and pollution indices of Wadi El-Rayan lakes, El-Fayoum, Egypt. Sustainable Water Resources Management 5(2):1-14. Available at: https://www.researchgate.net/publication/318756499_Water_quality_status_and_pollution_indices_of_Wadi_El-Rayan_lakes_El-Fayoum_Egypt (Accessed on Dec. 25, 2019).

[277] Goher, M. E., Mahdy, E. M. & Elsherif, A. (2019). Water quality status and pollution indices of Wadi El-Rayan lakes, El-Fayoum, Egypt. Sustainable Water Resources Management 5(2):1-14. Available at: https://www.researchgate.net/publication/318756499_Water_quality_status_and_pollution_indices_of_Wadi_El-Rayan_lakes_El-Fayoum_Egypt (Accessed on Dec. 25, 2019).

من درجة مختلفة من التلوث المعدني، بالإضافة إلى ذلك، فإن الزيادة التدريجية للملوحة في البحيرة الثانية تعزز التدهور الملحوظ لبيئة البحيرة المائية[٢٧٨].

أصدرت وزارة البيئة[٢٧٩] تقريراً لتقييم جودة المياه داخل البحيرات بحساب مقياس أو مؤشر أوريجون لجودة المياه (Oregon Water Quality Index) والذي يتم فيه تقييم جودة المياه كبيئة صالحة للكائنات الحية المائية أو كمصيدة أسماك, والذي يعتمد على حساب تكاملي لعدد من الخصائص الكيميائية والطبيعية لمياه البحيرات وتشمل درجة الحرارة والأس الهيدروجيني، الأكسجين الذائب، الأكسجين المستهلك بيولوجياً، مجموع الأمونيا والنترات، والفسفور الكلي، ويمكن تقسيم جودة المياه طبقا لمؤشر أوريجون إلى خمس مستويات طبقاً للجدول الآتي:

(%) Quality index Water	Rank
٠,٠ _ ٢٥	سيئ جدا
٢٥ _ ٥٠	سيئ
٥٠ _ ٧٠	متوسط
٧٠ _ ٩٠	جيد
٩٠ _ ١٠٠	ممتاز

جدول ٧: مؤشرات جودة مياه البحيرات طبقا لمؤشر اورجون[٢٨٠]

وبتطبيق مؤشر (Oregon Water Quality Index "OWQI") على مياه بحيرة الريان خلال عام ٢٠٢٠/٢٠٢١ نجد أن:

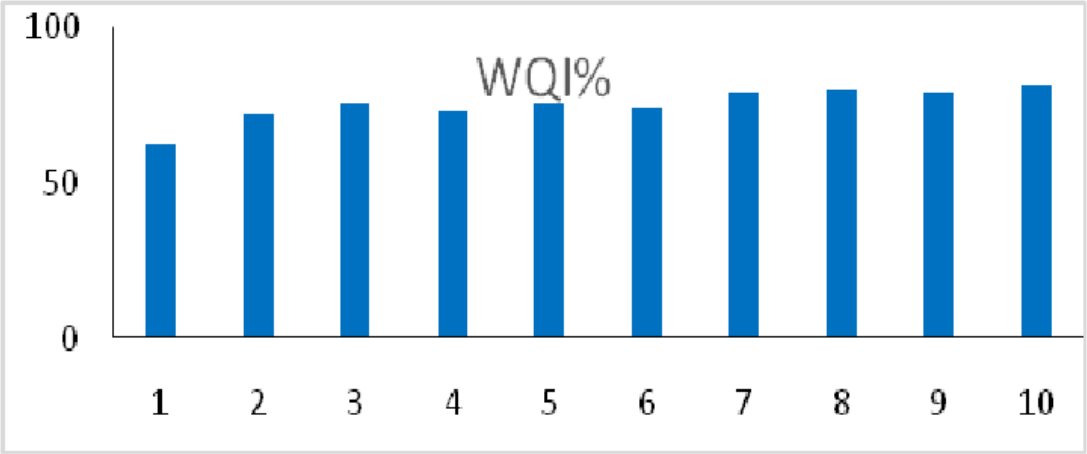
متوسط الحالة العامة لجودة المياه بالبحيرة تصنف على أنها جيدة بقيمة (٧٤.٩).

---

[278] Goher, M. E., Mahdy, E. M. & Elsherif, A. (2019). Water quality status and pollution indices of Wadi El-Rayan lakes, El-Fayoum, Egypt. Sustainable Water Resources Management 5(2):1-14. Available at: https://www.researchgate.net/publication/318756499_Water_quality_status_and_pollution_indices_of_Wadi_El-Rayan_lakes_El-Fayoum_Egypt (Accessed on Dec. 25, 2019).

[279] EEAA. (2022). Lakes. Retrieved from Ministry of Environment, Egyptian Environmental Affairs Agency (EEAA), available at: https://www.eeaa.gov.eg/en-us/topics/water/lakes.aspx (Accessed on Aug. 8, 2022).

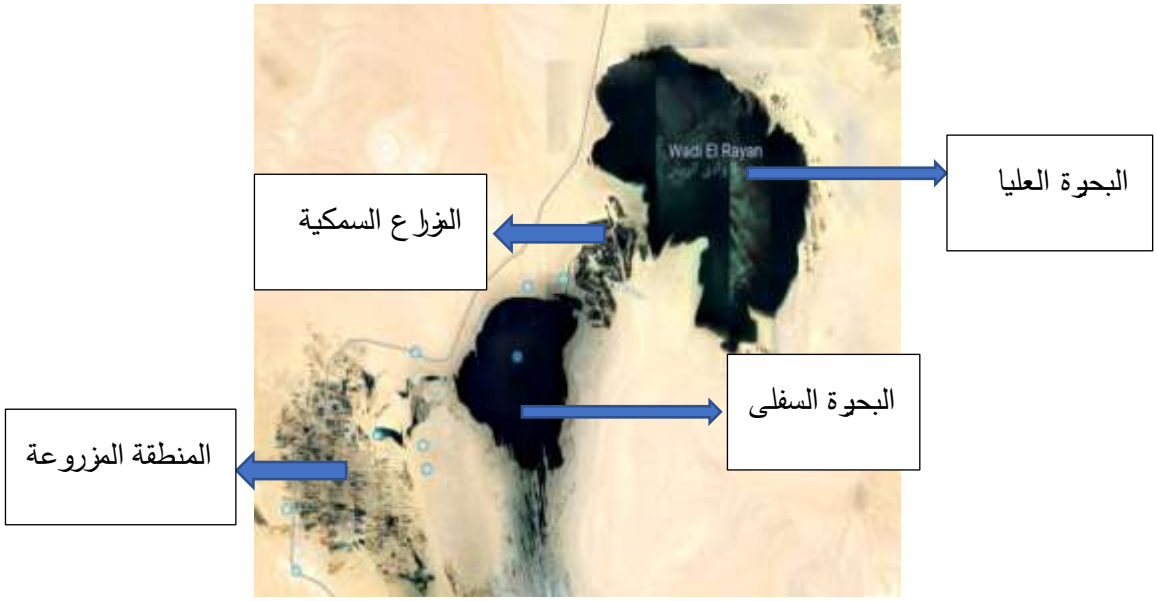
[280] EEAA. (2022). Lakes. Retrieved from Ministry of Environment, Egyptian Environmental Affairs Agency (EEAA), available at: https://www.eeaa.gov.eg/en-us/topics/water/lakes.aspx (Accessed on Aug. 8, 2022).



شكل ٩٥: مؤشر جودة مياه بحيرة الريان خلال عام ٢٠٢٠/٢٠٢١ [٢٨١]

- مسار المياه:

تتجه المياه من مصرف الفيوم غبر قناة إلى البحيرة العليا ثم تنتقل الى البحيرة السفلى نتيجة فرق المنسوب، والفائض من المياه جزء يستخدم لاستصلاح الأراضي وجزء آخر يستخدم في المزارع السمكية.



شكل ٩٦: بحيرات وادي الريان [٢٨٢]

[281] EEAA. (2022). Lakes. Retrieved from Ministry of Environment, Egyptian Environmental Affairs Agency (EEAA), available at: https://www.eeaa.gov.eg/en-us/topics/water/lakes.aspx (Accessed on Aug. 8, 2022).

[282] Google Maps. (2022). Available at: https://www.google.com.eg/maps/@29.1711493,30.2738047,33419m/data=!3m1!1e3?hl=en&authuser=0 (accessed on Aug. 9, 2022)

هـ. أهمية المشروع:

تمثل منطقة وادي الريان مركزاً بيئيًا يجتمع فيه الموطن الصحراوي الأصلي وعدد من ينابيع المياه العذبة (الواحات الصغيرة) مع موطن الأراضي الرطبة المشيدة في البحيرات التي تشكلت حديثًا. اجتذبت هذه البحيرات مجموعة متنوعة من الطيور والحياة البرية الأخرى، كما سمحت باستخدامات مختلفة للأراضي (الزراعة، ومصايد الأسماك، والترفيه), وتعتبر كذلك من المزارات السياحية الهامة [٢٨٣].

في عام ٢٠١١ اعتبر الاتحاد الدولي لحماية الطبيعة وادي الريان واحداً من المناطق النباتية الهامة في مصر، وفي عام ٢٠١٢ انضم إلى اتفاقية رامسار كمنطقة رطبة ذات تنوع بيولوجي[٢٨٤].

من خلال دراسة المشروع وتحليل عناصره نجد أن هذا المشروع قد حقق فوائد بيئية اجتماعية واقتصادية عديدة منها:

فوائد بيئية[٢٨٥]:

- تتمتع البحيرات بالتنوع البيولوجي، حيث تم رصد حوالي ١٦٤ نوعًا من الطيور هناك، وتوجد أنواع نادرة من البط والنسور والصقور والبجع والببغاوات بما في ذلك العديد من النباتات البرية. تضم البحيرة أكثر من ٢٩ نوعًا من الأسماك، بما في ذلك سمك المولیت والبلطي، و٢٤ نوعًا من الثدييات، و١٤ نوعًا من الزواحف، و٣٨ نوعًا من النباتات.
- تم رصد الغطاء النباتي داخل محمية وادي الريان وشمل تقرير الرصد الثالث لعام ٢٠٠٢ –الذي قدمه موظفو المناطق المحمية– برنامج مراقبة جديدًا للغطاء النباتي في المنطقة المحمية. وسجلت النتائج ٣٨ نوعاً من النباتات البرية في بيئات وادي الريان المختلفة.
- الحد من تلوث الهواء.

---

283 Bruzzone, D., Halle, M. & Parakatil, F. (2002). Wadi el Rayan Gateway to the Western Desert: Preface to the Atlas of the Wadi El Rayan Protected Area. Egypt, G. Mattravers, pp: 1-110. Available at: https://www.researchgate.net/publication/344849402_D_Bruzzone_M_Halle_and_FParakatil_Wadi_El_Rayan_Gateway_to_the_Western_Desert_Preface_to_the_Atlas_of_the_Wadi_El_Rayan_Protected_Area_G_Mattravers_Messana_Ed_Wadi_El_Rayan_Protected_Area_Italy's_Di (Accessed on Feb. 2, 2022).

284 Ramsar. (2012). Information Sheet on Ramsar Wetlands to designate of Wadi El Rayan and Qarun lakes as new Ramsar sites, Convention on Wetlands of International Importance (Ramsar Convention). Available at: https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/EG2041RIS.pdf (Accessed on Aug. 9, 2022).

285 Ramsar. (2012). Information Sheet on Ramsar Wetlands to designate of Wadi El Rayan and Qarun lakes as new Ramsar sites, Convention on Wetlands of International Importance (Ramsar Convention). Available at: https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/EG2041RIS.pdf (Accessed on Aug. 9, 2022).

فوائد اجتماعية[٢٨٦]:

- يعتبر من أكبر المزارات السياحية، حيث تم عمل برامج تدريبية لتوعية مشغلي السياحة والمستثمرين المحتملين والجهات المعنية الأخرى بشأن الحفاظ على الصحراء والسياحة الصحراوية المستدامة بيئيًا.
- زيادة الوعي وتشجيع الناس على توفير موارد المياه حيث تم إنشاء مركز زوار يقدم خدمات الترجمة الشفوية والتعليمية للجمهور الزائر بالإضافة إلى توفير محور لمنظمي الرحلات السياحية المحليين.
- عدد الزوار يزيد عن ٢٥٠٠٠٠ زائر سنويًا، ويتطور وادي الريان بسرعة كمنطقة ترفيهية للمصريين، حيث تتميز شواطئ البحيرة الجنوبية بقوارب النزهة والشلالات بالإضافة إلى صيد الأسماك ومنطقة كافيتريا كبيرة.
- تم إنشاء مركز زوار يقدم خدمات الترجمة الشفوية والتعليمية للجمهور الزائر بالإضافة إلى توفير محور لمنظمي الرحلات السياحية المحليين.

فوائد اقتصادية[٢٨٧]:

- توجد أشكال متعددة من الأنشطة السياحية وهي تشمل الصحراء البيئية والطبيعية والسياحية ورحلات السفاري السياحية والسياحة الرياضية والسياحة العلاجية والسياحة البيئية والسياحة الثقافية. وتسمح بممارسة الرياضات المائية وصيد الأسماك.

---

[286] Baha El Din, M. & Baha El Din, S., (1999). Wadi El Rayan Tourism Survey. Egypt, Wadi El Rayan Natural Protectorate Project, pp: 12-77. Available at: https://www.eeaa.gov.eg/portals/0/eeaaReports/NCSCB/Business%20Plans/WR%20BP.pdf (Accessed on April 11, 2020).

[287] Ramsar. (2012). Information Sheet on Ramsar Wetlands to designate of Wadi El Rayan and Qarun lakes as new Ramsar sites, Convention on Wetlands of International Importance (Ramsar Convention). Available at: https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/EG2041RIS.pdf (Accessed Aug. 9, 2022).

١.٢.١.٤ تقييم المؤشرات العامة لنجاح مشروع وادي الريان في تحقيق أبعاد الاستدامة:

التصنيف	المؤشر	مؤشرات فرعية	نوع القياس	النتائج
بيئي	**المياه**	– المياه المعاد استخدامها: النسبة المئوية للمياه المعاد استخدامها. – جودة المياه: النسبة المئوية للملوثات التي يتم إزالتها من خلال الأراضي الرطبة المشيدة.	كمي	– يتم نقل ٢٠٠مليون متر مكعب من مياه الصرف الزراعي سنويا لبحيرات وادي الريان.
	الطاقة	– الحفاظ على طاقة البناء: النسبة المئوية من الطاقة المحفوظة أثناء مرحلة البناء مقارنة بمحطة المعالجة التقليدية.	كمي	غير متوفر بيانات
	المواد المستخدمة	– المواد المعاد تدويرها: النسبة المئوية للمواد المعاد تدويرها أو الحصول عليها من المواد الموجودة في الموقع.	كمي	– تم عمل مركز للزوار من مواد طبيعية مثل الأحجار وتم استغلال الموقع بما فيه من رمال حيث تم عمل أنشطه ترفيهيه مثل التزلق على الرمال
		– المواد الخطرة: النسبة المئوية للمواد الخطرة والمواد الكيميائية المستخدمة في عملية معالجة المياه مقارنة بعمليات المعالجة التقليدية.		
	المخلفات الصلبة والسائلة	– نوعية / كمية النفايات التي يتم تفريغها أثناء عملية المعالجة.	كمي/كيفي	– أُعيد تنشيط ٤٠ هكتارًا من موقع دفن النفايات السابق إلى الأراضي الرطبة والملاعب وموائل الحياة البرية والمناطق الترفيهية.
	البصمة الكربونية	– البصمة الكربونية: كمية – ثاني أكسيد الكربون وانبعاثات الغازات الدفيئة الأخرى المرتبطة بمشروع الأراضي الرطبة مقارنة بمحطة المعالجة التقليدية.	كمي	غير متوفر بيانات
	جودة الهواء	– جودة الهواء: تحسن جودة الهواء بسبب زيادة الغطاء النباتي.	كمي	غير متوفر بيانات
	التنوع البيولوجي	– عدد أنواع الحيوانات والنباتات التي تم إدخالها إلى الموطن	كمي	– تم رصد حوالي ١٦٤ نوعًا من الطيور هناك، وتوجد أنواع نادرة من البط والنسور والصقور والبجع والببغاوات بما في ذلك العديد من النباتات البرية. تضم البحيرة أكثر من ٢٩ نوعًا من الأسماك، بما في ذلك سمك المولية والبلطي، و٢٤ نوعًا من الثدييات، و١٤ نوعًا من الزواحف، و٣٨ نوعًا من النباتات. – تم رصد الغطاء النباتي داخل محمية وادي الريان وسجلت النتائج ٣٨ نوعاً من النباتات البرية في بيئات وادي الريان المختلفة.
اجتماعي	**توعية المجتمع**	– درجة وعي المجتمع بمشاكل ندرة المياه والتدابير المستدامة المحتملة.	كيفي	– زيادة الوعي وتشجيع الناس على توفير موارد المياه حيث تم إنشاء مركز زوار يقدم خدمات الترجمة الشفوية والتعليمية للجمهور الزائر بالإضافة إلى توفير محور لمنظمي الرحلات السياحية المحليين.
	حجم المجتمع	– عدد الزوار المحتملين لمشروع حديقة الأراضي الرطبة على نطاق زمني محدد.	كمي	– عدد الزوار يزيد عن ٢٥٠٠٠٠ زائر سنويًا
	القبول الاجتماعي	– درجة قبول المجتمع للمشروع	كيفي	– يعتبر من أكبر المزارات السياحية حيث جذب الكثير من الزوار.
	المشاركة العامة	– درجة المشاركة المجتمعية النشطة خلال مراحل المشروع المختلفة	كيفي	– توفر الحديقة أنشطة اجتماعية متعددة عند منطقة الشلالات.
	التعليم والتدريب	– الخدمات التعليمية والتدريبية التي يقدمها المشروع خلال مراحله المختلفة.	كيفي	– تم عمل برامج تدريبية لتوعية مشغلي السياحة والمستثمرين المحتملين والجهات المعنية الأخرى بشأن الحفاظ على الصحراء والسياحة الصحراوية المستدامة بيئيًا.
	القيم الاجتماعية	– القيم الاجتماعية والاتصال بين المجتمع المحلي وزوار الحديقة.	كيفي	غير متوفر بيانات
	القيم الجمالية	– القيمة الجمالية البصرية للمشروع للمجتمع المحلي. – فعالية الحد من الرائحة	كيفي	– أدى المشروع إلى تحسين وسائل الراحة البصرية داخل المتنزه. – خلق هذا المشروع تجربة فنية في الطبيعة من خلال شلالات المياه وتفاعل الناس معها.
اقتصادي	**إجمالي تكلفة المشروع**	– القيمة الحالية لإجمالي التكاليف المرتبطة بتنفيذ المشروع، بما في ذلك تكلفة رأس المال والتشغيل والصيانة.	كمي	غير متوفر بيانات
	قيمة الأرض المستخدمة	– القيمة الاقتصادية للأرض التي يستخدمها المشروع مقابل استخدامها للتطويرات الأخرى.	كمي	– توجد أشكال متعددة من الأنشطة السياحية وهي تشمل الصحراء البيئية والطبيعية والسياحية ورحلات السفاري السياحية والسياحة الرياضية والسياحة العلاجية والسياحة البيئية والسياحة الثقافية.
	الإنتاجية	– الإيرادات الاقتصادية المحتملة من تنفيذ المشروع.	كمي	– الأنشطة الترفيهية الموجودة بمنطقة الشلالات تمثل دخل للمنطقة.

جدول ٨: مؤشرات الاستدامة لوادي الريان (الجدول من صياغة الباحث)

٢.٢.١.٤ الأراضي الرطبة المشيدة ببحيرة المنزلة

تقع بحيرة المنزلة على الحافة الشمالية الشرقية لدلتا النيل بالقرب من محافظات بورسعيد ودمياط والدقهلية والشرقية وتبلغ مساحتها ١٥٠ ألف فدان. كانت المنطقة واحدة من أكثر المناطق سوءًا في مصر حيث لا يحصل السكان المحليون فيها على مياه الشرب والصرف الصحي والكهرباء والخدمات الأساسية الأخرى، كما تسببت المياه الملوثة والأرصدة السمكية الملوثة في مشاكل عدة على صحة الإنسان والنظام البيئي. بالإضافة إلى ذلك، يعيش الكثير من الناس على أراضٍ حكومية ويفتقرون إلى ملكية الأرض والاستقرار الاقتصادي[٢٨٨].

شكل ٩٧: موقع بحيرة المنزلة[٢٨٩]

أ. وصف المشروع

تتلقى البحيرة مياه الصرف من سبعة مصارف زراعية والمصرف الرئيسي بها هو مصرف بحر البقر حيث يحمل كميات كبيرة من المياه الملوثة الزراعية والصناعية، ويبلغ متوسط التدفق ١٠٦ ألف متر مكعب / اليوم،

[288] Rashed, A. & El Quosy, D. (2000). Environmental Protection of Lake Manzala, Egypt. Available at: https://www.researchgate.net/publication/306292650_Environmental_Protection_Of_Lake_Manzala_Egypt_And_Reuse_Of_Treated_Water_By_A_Constructed_Wetland/stats (Accessed on Nov. 29, 2021).

[289] El-Quosy, D. (2008). Assessment impact of regular harvesting of Phragmites australis (Cav.) Trin. in free surface constructed wetland on wastewater quality improvement of Bahr Al-Baqar. South Valley, Egypt. 3rd International Scientific Conference for Environment, South Valley University, Egypt.

ومياه الصرف هذه هي في الواقع مزيج من مياه الصرف الصناعية والمنزلية المخففة في مياه الصرف الزراعي, وبالطبع أدت هذه الحالة إلى تدهور شديد في جودة المياه[٢٩٠].

ب. التحديات التي تواجه بحيرة المنزلة[٢٩١]:

- جفاف وتآكل التربة والذي أدى الى تقلص مساحة البحيرة من ٧٥٠ ألف إلى ١٠٠ ألف فدان.
- التلوث المستمر حيث تستقبل البحيرة كميات هائلة من مياه الصرف الصحي والزراعي والصناعي، والتي تلقى فيها سنوياً دون أى معالجة, ويأتى مصرف بحر البقر على رأس قائمة المصارف والترع التي تلقى مخلفاتها في البحيرة حيث يلقى حوالى ٦٥٠ مليون متر مكعب من مياه الصرف الصحي في البحيرة.
- انتشار النباتات المائية كورد النيل والبوص في معظم أجزاء البحيرة والتى تؤثر على حركة المياه بالبحيرة مما يؤثر على نوعية وجودة كلٍ من المياه والأسماك.

ج. الإمكانيات:

بدأت هيئة شئون البيئة المصرية (EEAA) بتصميم وإنشاء ٢٨ فدان من الأراضي الرطبة المشيدة في منطقة بحيرة المنزلة، ويقوم مرفق البيئة العالمية / برنامج التنمية الوطنية المتحدة (GEF/UNDP) بتمويل هذا المشروع وذلك بهدف رئيسي هو معالجة ٢٥٠٠٠ متر مكعب يوميًا من مياه الصرف الملوثة لحماية البيئة وبحيرة المنزلة والبحر الأبيض المتوسط[٢٩٢]، وقام المشروع بالفعل بتحسين النظام البيئي لبحيرة المنزلة.

وتتم معالجة مياه الصرف الصحي في بحيرة المنزلة على عدة مراحل[٢٩٣]: تبدأ بمحطة الضخ التي تقوم برفع المياه من مصرف بحر البقر والتي سيتم الاحتفاظ بها في حوض الترسيب لمدة يومين حيث تتكون حمولة الرواسب العالية في الصرف من حوالي ٦٥٪ من الرمال، و٢٣٪ من الطمي، و١٢٪ من الطين. تتراوح نسبة الكربون العضوي الممتص للرواسب بين ١٧٪ إلى ٧٥٪ من إجمالي مستويات الكربون العضوي، وهذا يدل

---

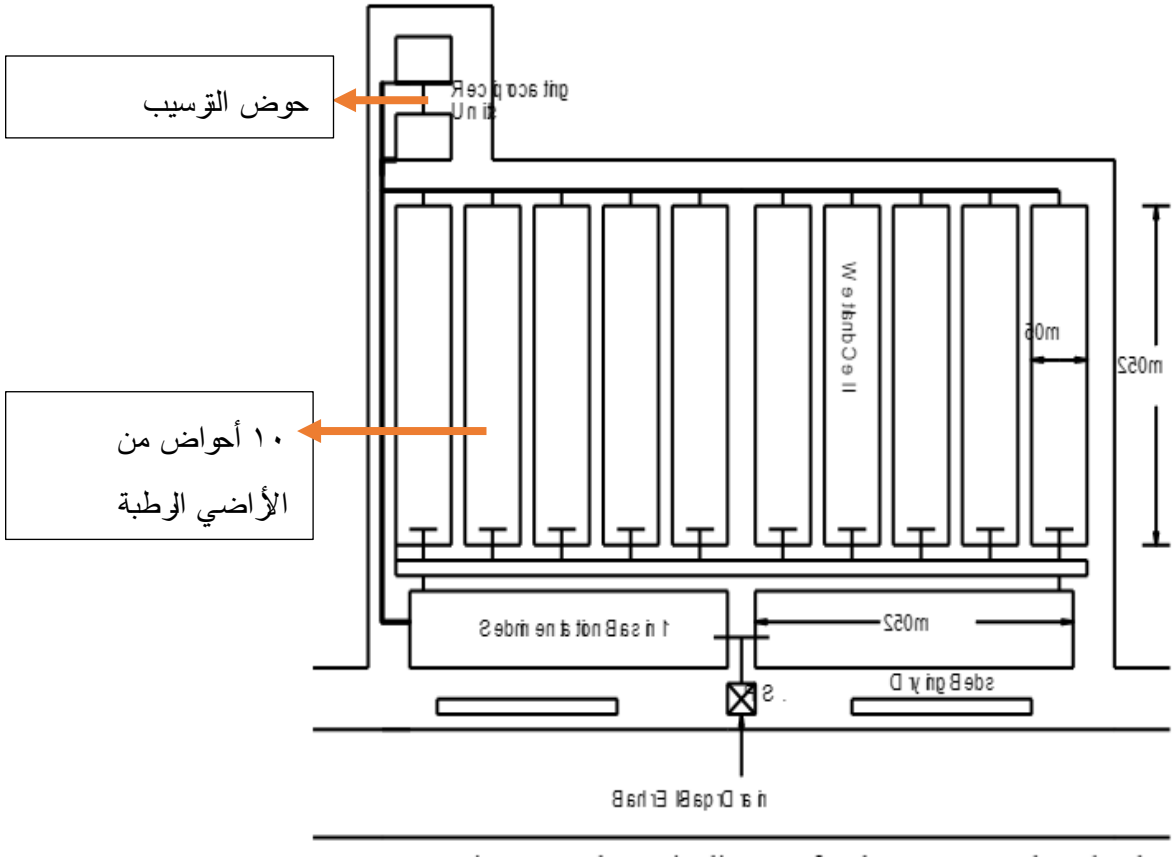
290 Rashed, A. & El Quosy, D. (2000). Environmental Protection of Lake Manzala, Egypt. Available at: https://www.researchgate.net/publication/306292650_Environmental_Protection_Of_Lake_Manzala_Egypt_And_Reuse_Of_Treated_Water_By_A_Constructed_Wetland/stats (Accessed on Nov. 29, 2021).

291 EEAA. (2022). Lakes. Retrieved from Ministry of Environment, Egyptian Environmental Affairs Agency (EEAA), available at: https://www.eeaa.gov.eg/en-us/topics/water/lakes.aspx (Accessed on Aug. 8, 2022).

292 Haron, A. & Feisal, Z. (2019). Constructed Wetland Parks: A Pathway to Sustainability for Cairo. Egypt, Jouranal of Urban Research, Article 5, Volume 36, Issue 1, pp: 61-81.

293 Rashed, A. & El Quosy, D. (2000). Environmental Protection of Lake Manzala, Egypt. Available at: https://www.researchgate.net/publication/306292650_Environmental_Protection_Of_Lake_Manzala_Egypt_And_Reuse_Of_Treated_Water_By_A_Constructed_Wetland/stats (Accessed on Nov. 29, 2021).

على امتصاص كمية كبيرة من المعادن، سوف تتدفق المياه عن طريق الجاذبية من حوض الترسيب إلى عشرة أحواض معالجة للأراضي الرطبة ذات التدفق السطحي كما هو مبين في شكل :



شكل ٩٨: رسم تخطيطي للأراضي الرطبة المشيدة[٢٩٤]

تشتمل مجموعات أنواع النباتات في خلايا المعالجة على القصب الشائع، والكتيل، والصفير المائي، وما إلى ذلك. فقط ٥٠٠ متر مكعب من المياه من خلايا الأراضي الرطبة ستخضع لمستوى إضافي من المعالجة من خلال طبقة حصوية متدفقة تحت سطح الأراضي الرطبة المشيدة (وحدات متبادلة)[٢٩٥].

---

[294] Rashed, A. & El Quosy, D. (2000). Environmental Protection of Lake Manzala, Egypt. Available at: https://www.researchgate.net/publication/306292650_Environmental_Protection_Of_Lake_Manzala_Egypt_And_Reuse_Of_Treated_Water_By_A_Constructed_Wetland/stats (Accessed on Nov. 29, 2021).

[295] Rashed, A. & El Quosy, D. (2000). Environmental Protection of Lake Manzala, Egypt. Available at: https://www.researchgate.net/publication/306292650_Environmental_Protection_Of_Lake_Manzala_Egypt_And_Reuse_Of_Treated_Water_By_A_Constructed_Wetland/stats (Accessed on Nov. 29, 2021).

المشروع هنا يعتمد على نظام بسيط يبدأ بضخ المياه من مصرف بحر البقر إلى أحواض ضخمة يسمح فيها بترسيب المواد العالقة، وبعدها تمر المياه في مجموعة من خلايا المعالجة السطحية والمزروع بها نبات البوص حيث يتم إزالة ٧٥٪ على الأقل من الملوثات، ثم يتم توجيه جزء من المياه المعالجة إلى المزارع السمكية والباقي يستخدم في الزراعة أو يتم إعادته إلى المصرف مرة أخرى، ويعد المشروع نموذجاً ناجحاً لتحقيق التوازن بين الحفاظ على الموارد الطبيعية وتحقيق التنمية. أحواض الأراضي الرطبة بالتوازي لمعرفة أداء المعالجة لمعدلات التحميل الهيدروليكي المختلفة حيث تحتوي هذه الأحواض على مجموعة من النباتات مثل القصب والبنجر، والملفوف والطماطم والباذنجان.

شكل ٩٩: الموقع العام للمشروع[٢٩٦]

د. الأهداف التي تم تحقيقها في المشروع:

- **اقتصادياً:** يوفّر المشروع أكثر من ٧٠٠,٠٠٠ دولاراً في السنة من تكلفة معالجة المياه، بالإضافة إلى زيادة الإنتاجية الزراعية وإنتاج الأسماك واستخدام النباتات الزائدة والملوثة في الوقود الحيوي.

[296] El-Quosy, D. (2008). Assessment impact of regular harvesting of Phragmites australis (Cav.) Trin. in free surface constructed wetland on wastewater quality improvement of Bahr Al-Baqar. South Valley, Egypt. 3rd International Scientific Conference for Environment, South Valley University, Egypt.

- **اجتماعياً:** يوفر المشروع فرص عمل جديدة ومركز تدريب متخصص ينظم ورش عمل وبرامج تدريبية مختلفة. يوجد مركز أبحاث داخل المشروع يساعد في تطوير واستخدام تكنولوجيا الأراضي الرطبة المبنية في مصر تحت إشراف المركز القومي لبحوث المياه.
- **بيئياً:** معالجة المياه بمعدل ٢٥ ألف متر مكعب في اليوم الواحد، ويتم استخدام هذه المياه في إنشاء موائل جديدة والعودة إلى النهر دون تلوث، مع ما تم من تأسيس مزرعة بمساحة ٩١ فدان تنتج المحاصيل الزراعية منذ عام ٢٠١٦ بالإضافة إلى أحواض أسماك بمساحة ٦٠ فدان.

٣.٢.١.٤ تقييم المؤشرات العامة لنجاح مشروع بحيرة المنزلة في تحقيق أبعاد الاستدامة:

التصنيف	المؤشر	مؤشرات فرعية	نوع القياس	النتائج
بيئي	المياه	– المياه المعاد استخدامها: النسبة المئوية للمياه المعاد استخدامها.	كمي	– معالجة المياه بمعدل ٢٥ ألف متر مكعب في اليوم الواحد
		– جودة المياه: النسبة المئوية للملوثات التي يتم إزالتها من خلال الأراضي الرطبة المشيدة.		
	الطاقة	– الحفاظ على طاقة البناء: النسبة المئوية من الطاقة المحفوظة أثناء مرحلة البناء مقارنة بمحطة المعالجة التقليدية.	كمي	غير متوفر بيانات
	المواد المستخدمة	– المواد المعاد تدويرها: النسبة المئوية للمواد المعاد تدويرها أو الحصول عليها من المواد الموجودة في الموقع.	كمي	غير متوفر بيانات
		– المواد الخطرة: النسبة المئوية للمواد الخطرة والمواد الكيميائية المستخدمة في عملية معالجة المياه مقارنة بعمليات المعالجة التقليدية.		
	المخلفات الصلبة والسائلة	– نوعية / كمية النفايات التي يتم تفريغها أثناء عملية المعالجة.	كمي/كيفي	– إزالة ٧٥٪ على الأقل من الملوثات.
	البصمة الكربونية	– البصمة الكربونية: كمية ثاني أكسيد الكربون وانبعاثات الغازات الدفيئة الأخرى المرتبطة بمشروع الأراضي الرطبة مقارنة بمحطة المعالجة التقليدية.	كمي	– تتكون حمولة الرواسب العالية في الصرف من حوالي ٦٥٪ من الرمال، و٢٣٪ من الطمي، و١٢٪ من الطين. تتراوح نسبة الكربون العضوي الممتص للرواسب بين ١٧٪ إلى ٧٥٪ من إجمالي مستويات الكربون العضوي.
	جودة الهواء	– جودة الهواء: تحسن جودة الهواء بسبب زيادة الغطاء النباتي.	كمي	
	التنوع البيولوجي	– عدد أنواع الحيوانات والنباتات التي تم إدخالها إلى الموطن	كمي	– استخدام هذه المياه في إنشاء موائل جديدة والعودة إلى النهر دون تلوث.
اجتماعي	توعية المجتمع	– درجة وعي المجتمع بمشاكل ندرة المياه والتدابير المستدامة المحتملة.	كيفي	– يعزز وعي الجمهور بالجوانب البيئية للحديقة.
				– توفر الحديقة المعلومات للزوار داخل الحديقة حول معالجة المياه والوظيفة البيئية للأراضي الرطبة.
	حجم المجتمع	– عدد الزوار المحتملين لمشروع حديقة الأراضي الرطبة على نطاق زمني محدد.	كمي	غير متوفر بيانات
	القبول الاجتماعي	– درجة قبول المجتمع للمشروع	كيفي	غير متوفر بيانات
	المشاركة العامة	– درجة المشاركة المجتمعية النشطة خلال مراحل المشروع المختلفة	كيفي	غير متوفر بيانات
	التعليم والتدريب	– الخدمات التعليمية والتدريبية التي يقدمها المشروع خلال مراحله المختلفة.	كيفي	– يوفر المشروع فرص عمل جديدة ومركز تدريب متخصص ينظم ورش عمل وبرامج تدريبية مختلفة.
	القيم الاجتماعية	– القيم الاجتماعية والاتصال بين المجتمع المحلي وزوار الحديقة.	كيفي	غير متوفر بيانات
	القيم الجمالية	– القيمة الجمالية البصرية للمشروع للمجتمع المحلي. – فعالية الحد من الرائحة	كيفي	غير متوفر بيانات
اقتصادي	إجمالي تكلفة المشروع	– القيمة الحالية لإجمالي التكاليف المرتبطة بتنفيذ المشروع، بما في ذلك تكلفة رأس المال والتشغيل والصيانة.	كمي	– يوفّر المشروع أكثر من ٧٠٠,٠٠٠ دولاراً في السنة من تكلفة معالجة المياه.
	قيمة الأرض المستخدمة	– القيمة الاقتصادية للأرض التي يستخدمها المشروع مقابل استخدامها للتطويرات الأخرى.	كمي	غير متوفر بيانات
	الإنتاجية	– الإيرادات الاقتصادية المحتملة من تنفيذ المشروع.	كمي	– زيادة الإنتاجية الزراعية وإنتاج الأسماك واستخدام النباتات الزائدة والملوثة في الوقود الحيوي.

جدول ٩: مؤشرات الاستدامة لمشروع بحيرة المنزلة (الجدول من صياغة الباحث)

٢.٤ الحالة الدراسية: حديقة الأراضي الرطبة المشيدة بالعاشر من رمضان

١.٢.٤ مدينة العاشر من رمضان:

تعتبر مدينة العاشر من رمضان من أكبر المدن الصناعية التي تم إنشاؤها في مصر. وكان الهدف الأساسي من إنشاء هذه المدينة الصناعية هو جذب الاستثمارات الأجنبية والعربية والمحلية، ومن ثَمّ استغلال اليد العاملة المتمثلة في الشباب وجعلهم قوة إضافية للاقتصاد المصري. تقع مدينة العاشر من رمضان في محافظة الشرقية على بعد حوالى ٤٦ كيلو متر من القاهرة وعلى طريق القاهرة الإسماعيلية الصحراوي، وهي ضمن مدن الجيل الأول الذي يشمل أيضا مدن مثل (السادس من أكتوبر – ١٥ مايو – دمياط الجديدة – برج العرب الجديدة – الصالحية الجديدة – مدينة السادات – القرى السياحية). تبلغ المساحة الإجمالية للمدينة ٩٥ ألف فدان منها ٨٠ ألف فدان في الكتلة العمرانية[٢٩٧].

شكل ١٠٠: مخطط عام لمدينة العاشر من رمضان [٢٩٨]

[297] New Urban Communities Authority. (2022). 10th of Ramadan City. Retrieved March 28, 2022, from Newcities.gov.eg available at: http://www.newcities.gov.eg/know_cities/Tenth_Ramadan/default.aspx

[297] New Urban Communities Authority. (2022). 10th of Ramadan City. Retrieved March 28, 2022, from Newcities.gov.eg available at: http://www.newcities.gov.eg/know_cities/Tenth_Ramadan/default.aspx

[298] New Urban Communities Authority. (2022). 10th of Ramadan City. Retrieved March 28, 2022, from Newcities.gov.eg available at: http://www.newcities.gov.eg/know_cities/Tenth_Ramadan/default.aspx

الأنشطة الصناعية داخل مدينة العاشر من رمضان هي المحرك الرئيسي للاقتصاد فيها، حيث حققت التنمية الصناعية نجاحاً كبيراً خلال العقود الماضية. ومن خلال وضعها الحالي ثم الرؤية المقترحة والأهداف واستراتيجيات التنمية المقترحة يمكن استخلاص عدد من الملاحظات وهي أن العاشر من رمضان هي واحدة من أوائل المدن الجديدة المخطط لها في مصر وقد تطورت على مدار الثلاثين عامًا الماضية كأكبر المدن الصناعية في مصر، على سبيل المثال فهي بها حوالي ١٤٠٠ مصنع، إنتاجهم السنوي يزيد عن مليار جنيه مصري، ويعمل بها ما يقرب من ١٨٨١٦٦ عاملاً. مع كل ما سبق فإن المدينة تعاني من التلوث الصناعي بشكل كبير بالإضافة إلى مشاكل أخرى تتعلق بالبيئة والإسكان وتشير إلى فقر في بعض نواحي التخطيط والتنفيذ. تتمتع المدينة بمناخ صحراوي حار جاف وصيف جاف وشتاء معتدل مع هطول القليل من الأمطار. نتيجة لندرة المياه، فإن تكلفة الري مرتفعة وبالتالي تفتقر المدينة إلى المساحات الخضراء الكافية وندرة النباتات.

٢.٢.٤ حديقة الأراضي الرطبة المشيدة بالعاشر من رمضان:

١.٢.٢.٤ المقدمة

يقع هذا المشروع في مدينة العاشر من رمضان على مساحة ٩ أفدنة، يبلغ طول الحديقة ١٠٥٦ متر وعرضها ٣٥ متر، ويحيط بالموقع محطة الصرف الصحي من ناحية ومن الناحية الأخرى حي الأندلس. فهي أرض صحراوية لا توجد بها نباتات مجاورة لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي. على الجانب الآخر توجد مجاورة سكنية غير مأهولة حتى الآن، بسبب المنطقة الصحراوية المحيطة بها وندرة الخدمات الاجتماعية.

تقع أرض المشروع في منطقة الحزام الأخضر المخصصة أمام محطة معالجة مياه الصرف الصحي والتي تفصل منطقة الصرف الصحي عن المجمع السكني "الأندلس" ويمكن وصف الموقع المقترح بأنه أرض صحراوية. لا يتطلب الموقع الكثير من أنشطة التحضير حيث إن الأرض مسطحة نسبيًا ولا توجد مبانٍ أو هياكل قائمة. سيتم استخدام بقايا أعمال الحفر للممر المائي في بناء التل والمستويات المختلفة داخل الحديقة.

المشروع يعد مشروعاً بحثياً ممولاً من صندوق العلوم والتنمية التكنولوجية التابع لوزارة التعليم العالي والبحث العلمي وبالتعاون مع معهد القاهرة العالي للهندسة وعلوم الحاسب والإدارة كجهة منفذة وبالتعاون مع المركز القومي لبحوث المياه التابع لوزارة الري والموارد المائية.

شكل ١٠١: موقع المشروع[٢٩٩]

٢.٢.٢.٤ التحديات

مدينة العاشر من رمضان بها العديد من المناطق الصناعية التي تغطي العديد من الصناعات، وبعضها من أكثر الصناعات تلوثًا. تتمتع المدينة بمناخ صحراوي حار جاف صيفاً وشتاء معتدل مع هطول القليل من الأمطار. نتيجة لندرة المياه واستخدام المياه البلدية للري، فإن تكلفة الري مرتفعة وبالتالي تفتقر المدينة إلى المساحات الخضراء الكافية وندرة الأنواع النباتية والحيوانية على حد سواء[٣٠٠]

٣.٢.٢.٤ الهدف من المشروع

تصميم وبناء مشروع بيئي ترفيهي متعدد الوظائف، ويراعي تصميم الحديقة استيعاب الأنشطة المختلفة وربطها من خلال شبكة جيدة التصميم من ممرات المشاة وممرات الدراجات، وتجمع بشكل مستدام بين مميزات الحديقة والوظائف البيئية.

---

[299] Google Earth. (2022). Available at: https://goo.gl/maps/GncMbqJyEs8LVhWX6 (Accessed on 16 Oct., 2022).

[300] ElMeligy, Aya. (2022). Environmental Impact of Constructed Wetland Parks towards achieving Sustainability, Case Study of Wetland Park, 10th Ramadan City, Egypt. Bernburg, Germany, unpublished MSc thesis, Hochschule Anhalt, p. 132.

٤.٢.٢.٤ الفكرة التصميمية

المشروع قائم على عنصر المياه من خلال إعادة استخدام مياه الصرف في الأراضي الرطبة، وفكرة المشروع مستوحاة من قطرات المياه (water drops) عند سقوطها على السطح فتكون مجموعة من الدوائر عند اتحادها، وهذه الدوائر في التصميم ترمز إلى المناطق التي يمكن استغلالها للأنشطة المختلفة.

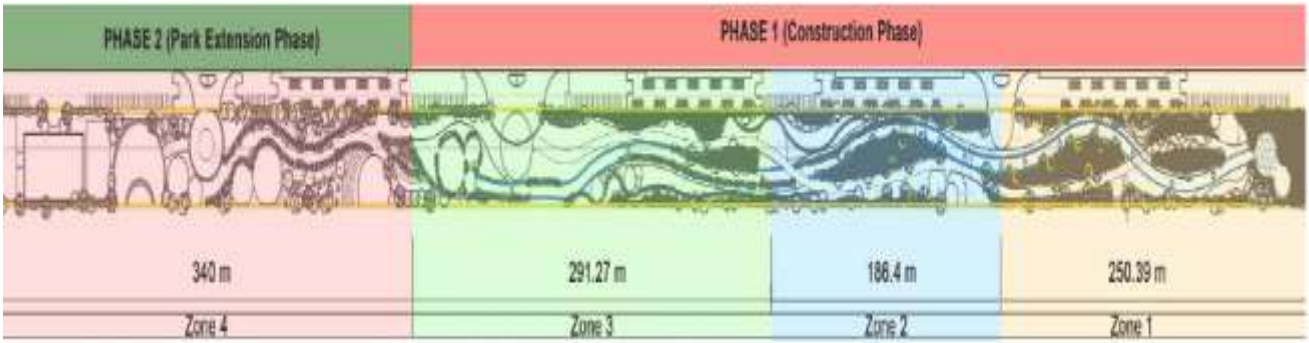
شكل ١٠٢: صورة توضح قطرات المياه عند سقوطها

ركز التصميم على النقاط التالية:

- التحليل السياقي لموقع المشروع، ودراسة أبعاد الموقع وشكله لتصميم المشروع وفقًا لذلك.
- دراسة عينات التربة من حيث نوع التربة وصلاحيتها للزراعة والاستخدام في جوانب المشروع المختلفة.
- حسب التحليل البيئي لموقع المشروع تم تخصيص المناطق المناسبة للأنشطة والمناطق المظللة والمسارات، علاوة على ذلك تم اختيار المزارع المناسبة.

٥.٢.٢.٤ تحليل المشروع:

- **مناطق التصميم (design zones):** تم تقسيم المشروع إلى أربع مناطق، فمحاور المشروع تعتمد على محاور المنطقة السكنية المواجهة لها. كان اقتراح التصميم يركز على تطوير تقنيات منخفضة التكلفة بسبب الميزانية المنخفضة.



شكل ١٠٣: مراحل المشروع[٣٠١]

أ. المنطقة الأولى (Zone ١)

يتم إعادة استخدام حفر المسار المائي كردم للتل المقترح في هذه المنطقة والذي تم تصميمه بشكل أساسي لإنشاء حاجز جمالي لنظام معالجة مياه الصرف الصحي المجاور وللقضاء على الوصول إلى بركة الردم بسبب جودة المياه في مرحلة مبكرة حيث تم تصميمه لمنع الاتصال المباشر للزوار بالمياه في هذه المرحلة. تُستخدم التربة المستصلحة لإنشاء تل يبلغ ارتفاعه بضعة أمتار، مما يوفر مساحة خضراء جمالية من الصبار وأنواع مختلفة من النباتات الشوكية التي توفر مناظر خلابة بالإضافة إلى دورها كحاجز يمنع المستخدمين من الاتصال المباشر بالمياه في مرحلة مبكرة من العلاج. وهذه المنطقة أراضي رطبة ذات تدفق تحت السطح (Sub-Surface Wetland) قريبة من مأخذ المياه وبالتالي غير محبب وجود أنشطة في هذه المنطقة نظراً للرائحة الكريهة لذلك يوجد بها نباتات عطرية مائية لمعالجة الروائح الكريهة وطاردة للبعوض. معظم الأنواع المزروعة على التل لها متطلبات مائية منخفضة إلى الحد الأدنى.

شكل ١٠٤: المنطقة الأولى لحديقة العاشر من رمضان

[301] ElMeligy, Aya. (2022). Environmental Impact of Constructed Wetland Parks towards achieving Sustainability, Case Study of Wetland Park, 10th Ramadan City, Egypt. Bernburg, Germany, unpublished MSc thesis, Hochschule Anhalt, p. 132.

ب. المنطقة الثانية (Zone ٢)

تظهر النباتات باللون الأخضر وتبدأ المياه بالظهور وهي ذات تدفق سطحي (free surface) والتي تقدم أنشطة متنوعة لفرص ترفيهية، مثل المشي لمسافات طويلة والركض. يوجد بها أنشطة مختلفة مثل منطقة تأجير العجل، أحواض الزهور والنباتات الملونة على ارتفاعات مختلفة، ومنصة الشلال، ومناطق التصوير، ومناطق للشوي ومجالس العائلات، والأنشطة الصحراوية والرملية، ومنطقة خدمات وحمامات.

شكل ١٠٥: المنطقة الثانية للحديقة[٣٠٢]

ج. المنطقة الثالثة (Zone ٣)

أراضي رطبة ذات تدفق سطحي وهي منطقة الأزهار والنباتات، تتضمن فرصًا للتجمعات العائلية ومناطق للراحة والتنزه، مع مقصورات عائلية متنوعة ومناطق شبه مغلقة تحترم ثقافة المستخدمين وتوفر الخصوصية. في منطقة المدخل، توجد نافورة جميلة مع جسور مزينة بإطلالة طبيعية خلابة تجمع بين المياه والخضرة للاستمتاع بذكريات جميلة مع الطبيعة. يوجد بها أيضاً منطقة ألعاب مائية، وألعاب للأطفال، ومنطقة تعبر عن الريف، وبها محلات ومطاعم ومناطق خضراء.

[302] ElMeligy, Aya. (2022). Environmental Impact of Constructed Wetland Parks towards achieving Sustainability, Case Study of Wetland Park, 10th Ramadan City, Egypt. Bernburg, Germany, unpublished MSc thesis, Hochschule Anhalt, p. 132.

شكل ١٠٦: المنطقة الثالثة للحديقة

د. المنطقة الرابعة (Zone ٤)

منطقة الامتداد المستقبلي، جاذبة لأنواع مختلفة من الحيوانات والنباتات صالحة للاستخدام وفيها يمكن التفاعل مع المياه. تركز على توفير مساحات للأنشطة المجتمعية المختلفة وكإمكانية لتطوير المنتزه في المستقبل من أجل المشاركة المجتمعية واستهداف احتياجات المجتمع.

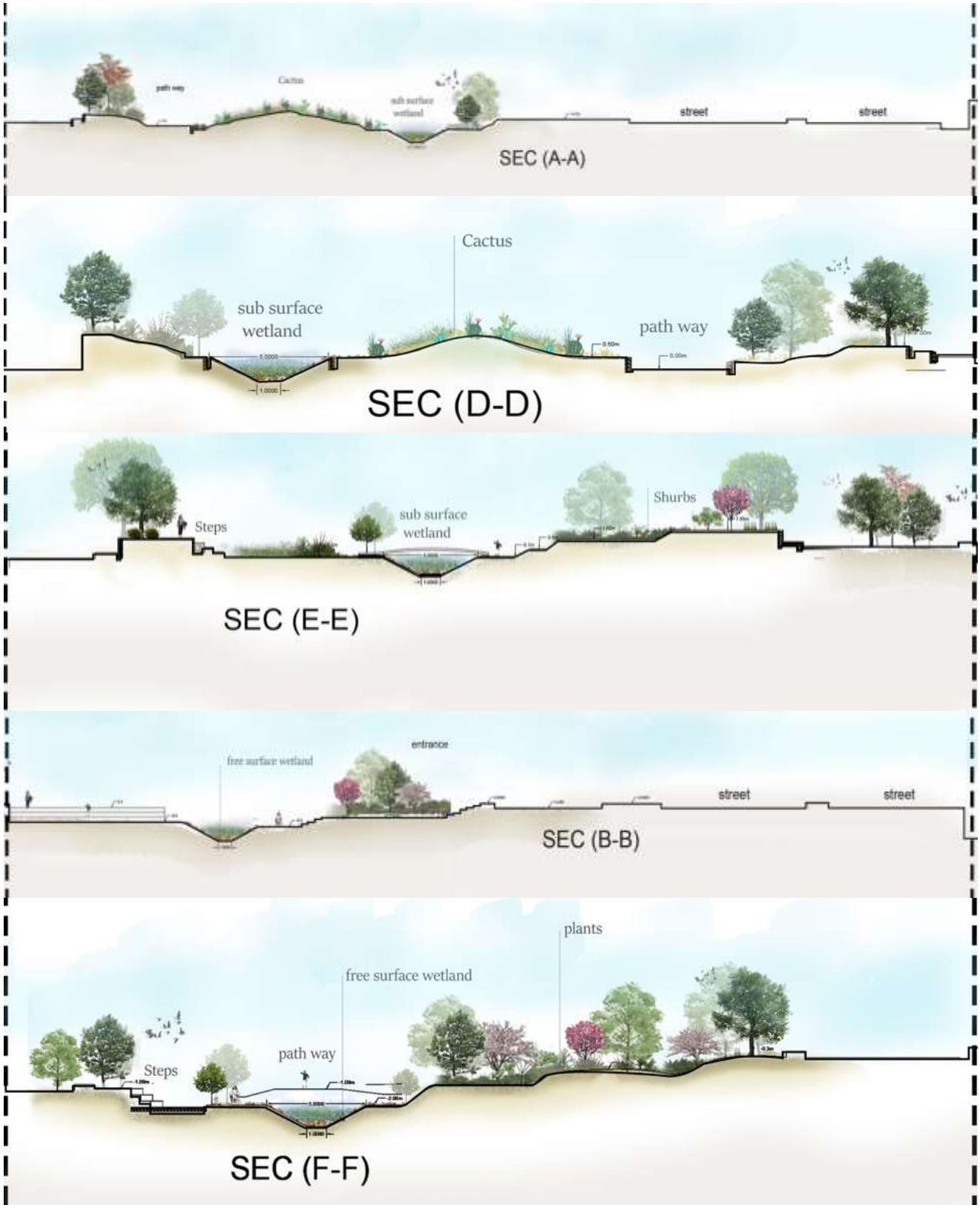
تم عقد ورشتي عمل لأصحاب المصلحة والأشخاص المهتمين وأخرى للطلاب والمهنيين في الهندسة المعمارية والحضرية واللاند سكيب، حيث تم طلب مساهمتهم لتقديم الأفكار وتطوير التصميم للمنطقة الرابعة لتحقيق الهدف واختيار أفضل اقتراح تصميم يلبي احتياجات المجتمع.

شكل ١٠٧: المنطقة الرابعة للحديقة

٦.٢.٢.٤ قطاعات المشروع

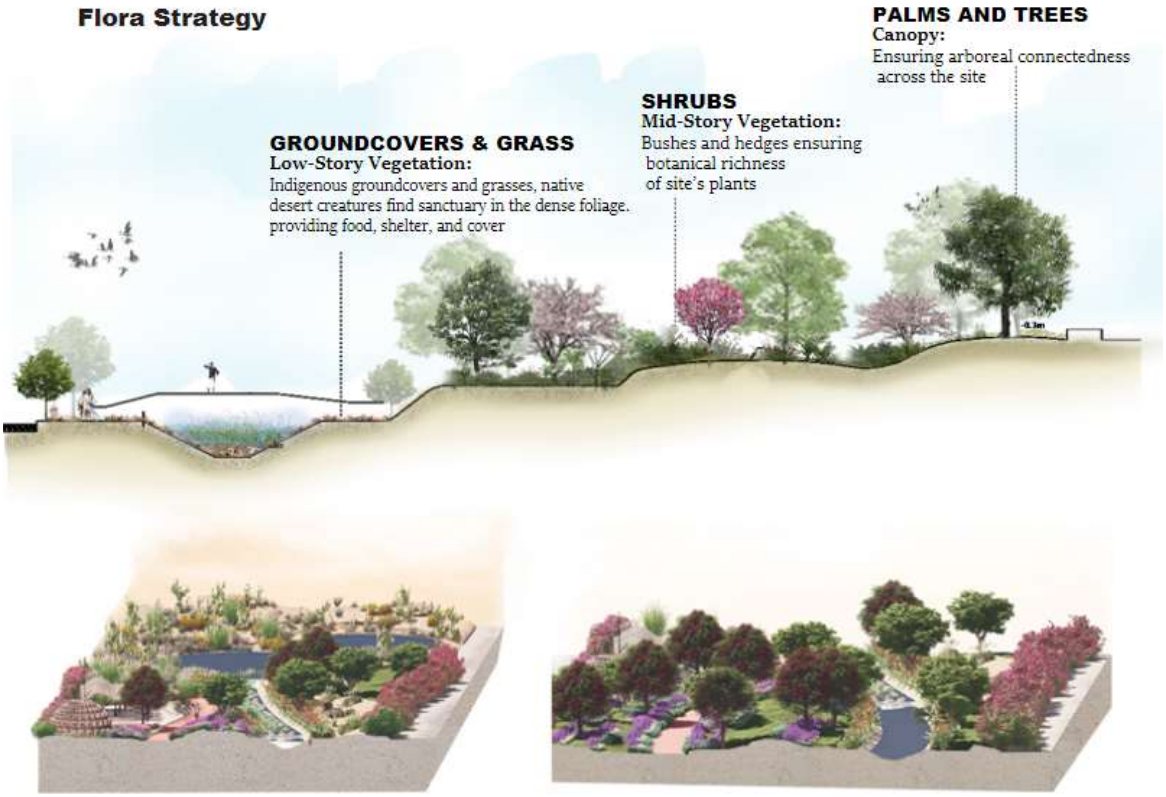
تضمن تصميم الحديقة مستويات مختلفة توفر فرصًا متنوعة للأنشطة المختلفة. تعمل مسارات المشاة على توجيه المسارات المظللة لتعزيز تفاعل الزائرين مع نباتات الأراضي الرطبة المتنوعة والحياة البرية من خلال لافتات وصفية للأنواع والعملية البيئية للمتنزه وتوفير العديد من الفرص الترفيهية.

تضم الحديقة أيضًا خيارات متعددة لمسارات شبكة الاستكشاف لزوار مختلف الفئات العمرية التي تلبي احتياجاتهم المتنوعة من الأنشطة من خلال مواد المسار المختلفة. تعزز المسارات الملتوية على طول الأراضي الرطبة التجربة الجمالية البصرية وتوفر فرصًا للترفيه والتعليم.



شكل ١٠٨: قطاعات المشروع

- **النباتات:** اعتمدت العملية على اختيار أنسب نباتات تتكيف مع مناخ الحديقة في مدينة العاشر من رمضان. تضمن مواسم التفتح المتتالية أن يكون للحديقة انطباع ديناميكي بتغيير السمات وفقًا للموسم ووفقًا للوظيفة في كل منطقة.



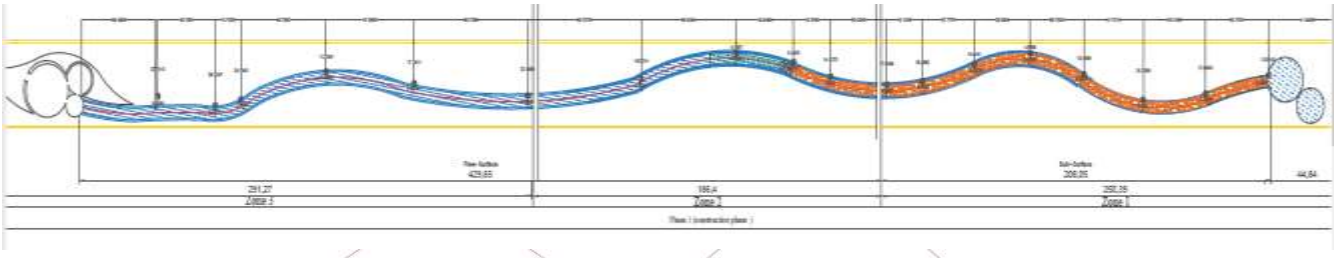
شكل ١٠٩: النباتات في الحديقة[٣٠٣]

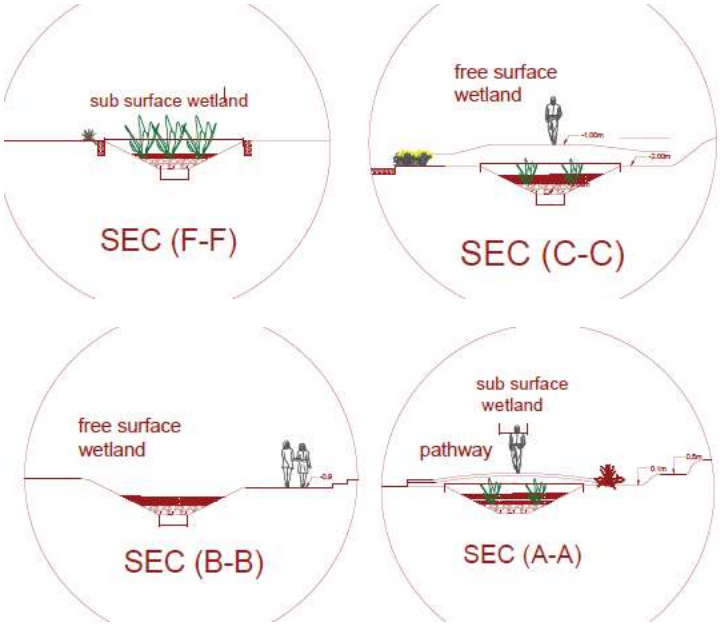
- **مسار المياه:** مسار منحنى يبلغ عرضه ٥ متر ويمتد من المنطقة الأولى (zone١) وينتهي عند المنطقة الثالثة (zone٣) بحيث تكون المياه في أول ٢٠٠م غير ظاهرة وهي عبارة عن أراضي رطبة ذات تدفق تحت السطحي (Subsurface). تتحرك المياه خلال المسار تلقائياً نظراً لوجود هدار كل ٥٠ متر، ويوجد شلال فاصل في المنطقة الثانية يحدث فرق منسوب بحيث تسير المياه بمعدل أفضل حتى تصل المياه في النهاية بعد ٦٠٠ متر لأعلى نسبة تنقية من الكلور.

محددات قطاع المياه:

[303] ElMeligy, Aya. (2022). Environmental Impact of Constructed Wetland Parks towards achieving Sustainability, Case Study of Wetland Park, 10th Ramadan City, Egypt. Bernburg, Germany, unpublished MSc thesis, Hochschule Anhalt, p.151.

- مسار المياه لا يقل عن ٥ متر عرضي وذلك طبقاً لتحليل نوع الملوثات في المياه من قبل فريق مشروع الميكاترونيك والهيدرولوجيا لتحقيق أعلى مستوى من تنقية المياه، مما يجعل حركة المياه عند سرعة معينة (٠.٠٠٢٣١م٣/ث) ولمدة محددة, وعلى هذا الأساس تم تحديد عرض المسار بخمسة أمتار وطول ٦٠٠ متر وعمق ١ متر.
- مسار المياه أول ٢٠٠ متر عبارة عن أراضي رطبة ذات تدفق تحت السطحي (Subsurface) بمعنى أن المياه ستكون غير ظاهرة.
- يوجد هدار كل ٥٠ متر طولي وذلك للتحكم في سرعة المياه بحيث لا تعتمد على مضخات أو معدات طاقة.
- تتم عملية التنقية بنجاح بعد ٦٠٠ متر.





شكل ١١٠: مسار المياه داخل المشروع وقطاعاته

يتم عزل مسار المياه بعناية باستخدام أفضل ألواح العزل المتاحة لضمان عدم حدوث تسرب للمياه الملوثة في المسار إلى المياه الجوفية.

شكل ١١١: عزل الممر المائي في الحديقة[٣٠٤]

تم عمل اختبار لألواح العزل لضمان عدم تسريب المياه الملوثة الى المياه الجوفية.

شكل ١١٢: اختبار الواح العزل[٣٠٥]

[304] ElMeligy, Aya. (2022). Environmental Impact of Constructed Wetland Parks towards achieving Sustainability, Case Study of Wetland Park, 10th Ramadan City, Egypt. Bernburg, Germany, unpublished MSc thesis, Hochschule Anhalt, p. 162.

[٣٠٥] من تصوير الباحث

من المخطط وضع أحجار في الممر المائي لزيادة نسبة الأكسجين في الماء وللتحكم في سرعة تدفق المياه.

شكل ١١٣: الأحجار في المسار المائي

- المواد المستخدمة (Materials)[٣٠٦]:

وبحسب زيارة الباحث للموقع، فإنه تم استخدام المواد المستخرجة من الموقع وإعادة استخدامها مثل الرمال والحصى والحجارة. وتم استخدام الواح العزل المائي من بيئة خارج أرض المشروع وذلك لعمل العزل المائي لمنع تسرب المياه الملوثة للمياه الجوفية واستخدام الزلط لعمل فلاتر أرضية لتنقية المياه في منطقة التدفق تحت السطحي (Subsurface).

شكل ١١٤: استخدام الزلط لتنقية المياه[٣٠٧]

[306] ElMeligy, Aya. (2022). Environmental Impact of Constructed Wetland Parks towards achieving Sustainability, Case Study of Wetland Park, 10th Ramadan City, Egypt. Bernburg, Germany, unpublished MSc thesis, Hochschule Anhalt, p. 162.

[٣٠٧] من تصوير الباحث

وبحسب استشاري الغطاء النباتي يشترط استخدام مركب مع التربة ليكون مناسبًا للنبات على النحو التالي: ١٥-٢٠ كجم / شجرة و١٠-١٥ كجم / شجيرة.

وأيضا يتم إعادة استخدام حفر المسار المائي ردمًا لبناء التل والمستويات المختلفة داخل الحديقة.

شكل ١١٥: إعادة استخدام الردم في الحديقة

سوف تستخدم الحديقة الحجر الطبيعي والمواد المحلية، مع تصميم التنسيق الصلب ((Hardscape من أنواع مختلفة من المواد الطبيعية، وهي فعالة من حيث التكلفة وتوفر النفاذية وتضمن الاستخدام الفعال للمواد المتاحة في الموقع لتحقيق الاستدامة، فيسمح باستخدام الركام الأحمر كغطاء أرضي للمسارات، وهو يتضمن العديد من الفوائد المناخية حيث يقلل من درجة حرارة المكان. كذلك يتم استخدام المنحدرات الصلبة الطبيعية القابلة للنفاذ (الأرصفة القابلة للنفاذ) فتتبخر المياه وتساهم في انخفاض درجة حرارة الهواء، كما تسمح بتسرّب مياه الأمطار إلى الأرض مما يؤدي انخفاض درجة حرارة الهواء وبالتالي انخفاض كبير في استخدام الطاقة.

يمكن إعادة استخدام النباتات التي يتم جمعها من الصرف بعد انتهاء فترة المعالجة في العديد من الأنشطة، مثل توليد الغاز الحيوي لاستخدامه كطاقة خضراء في الكهرباء من أجل الحديقة[٣٠٨].

لتوفير الطاقة اقترح الفريق تصميمًا لتنفيذ ٢٠٠ خلية شمسية لاستخدامها في جميع أنحاء الحديقة من أجل الاستخدام الفعال للطاقة الشمسية في هذه المدينة القاحلة. سيتم تركيب محطات الطاقة الشمسية على أعمدة الإنارة في جميع أنحاء الحديقة، والتي تضاء باستخدام الطاقة المنتجة لتقليل استهلاك الطاقة السنوي لإضاءة

[٣٠٨] أبو العلا، سلوى. (٢٠١٧). دليل استرشادي لتحسين نوعية المياه في مسار المصارف باستخدام الحشائش المائية. القاهرة، معهد بحوث صيانة القنوات المائية المركز القومي لبحوث المياه، وزارة الموارد المائية والري، ص ص: ١٦.

الحدائق. علاوة على ذلك، تستخدم هذه الأعمدة مصابيح LED ذات عمر أطول، على الأقل أربع مرات أكثر من الإضاءة الخارجية القياسية، مع استبدال أقل تكرارًا، وبالتالي تقليل تكاليف الصيانة والتخزين خارج الموقع. بسبب الميزانية المنخفضة المتاحة، تم تأجيل خطة الطاقة الشمسية هذه إلى مرحلة لاحقة من تطوير الحديقة[٣٠٩].

من المخطط أيضًا استخدام مستشعرات القياس لاستهلاك الطاقة والري في جميع أنحاء الحديقة في أعمدة الإنارة وفي مسار المياه، من أجل القياس والتقييم المستمر لأداء الحديقة وللاستخدام الفعال لمزايا الحديقة وإدارة استهلاك الطاقة والمياه.

سوف يتم تدفق المياه من محطة معالجة مياه الصرف الصحي المجاورة للموقع بمثابة نفايات سائلة يتم إعادة تدويرها لإعادة استخدامها بعد تنقيتها في المجرى المائي للأراضي الرطبة. من المحتمل أن تتراوح الكمية المقدرة من ٢٠٠ إلى ٤٠٠ متر مكعب في اليوم كحد أدنى.

من المخطط إعادة استخدام النفايات العضوية حيث تتطلب وجود النباتات المائية في مجرى المياه والتخلص منها بشكل منتظم، والتي يمكن إعادة استخدامها من خلال عمل مصنع غاز حيوي صغير يساهم في إنتاج غاز الميثان الذي يمكن إعادة استخدامه كمصدر بديل للطاقة من أجل الاستخدام الفعال للطاقة وتقليل تكاليف الطاقة في الحديقة كما ذكرنا سابقًا. لا تتوفر بيانات دقيقة حول متوسط الإنتاج المتوقع أو التخفيض المكافئ في تكاليف الطاقة حتى الآن.

[309] ElMeligy, Aya. (2022). Environmental Impact of Constructed Wetland Parks towards achieving Sustainability, Case Study of Wetland Park, 10th Ramadan City, Egypt. Bernburg, Germany, unpublished MSc thesis, Hochschule Anhalt, p. 162.

- **المسارات:** سوف يتم استخدام مواد مختلفة في المسارات يخلق شبكة استكشاف متنوعة للزوار، مع وجود ممرات المشاة المتداولة حول الموقع وعبر الأراضي الرطبة لإشراك الزوار من خلالها وبالتالي منح تجربة طبيعية تعليمية.

شكل ١١٦: المسارات في حديقة العاشر من رمضان

- الأنشطة وعلاقتها بمسار المياه (Public Recreational Areas)

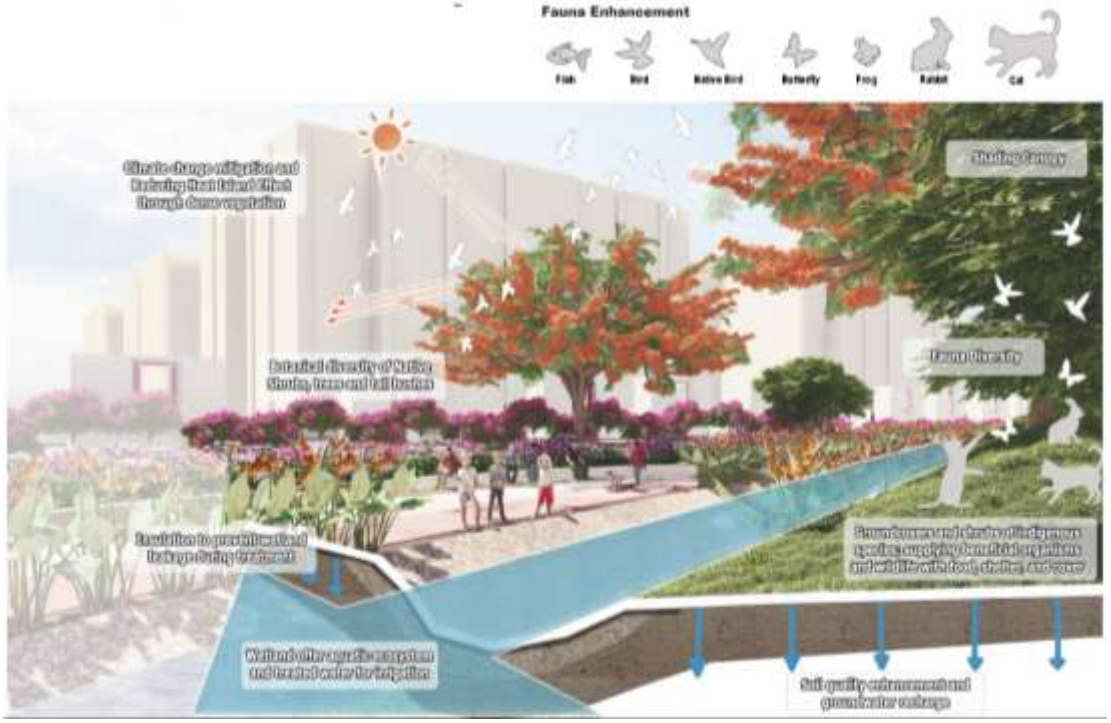
ستعمل الحديقة على توفير فرص ترفيهية متنوعة للمقيمين والزائرين لتجربة نابضة بالحياة، إشراك الزائرين بالمياه من خلال المسارات الملتوية التي تتداخل على طول مسار الأراضي الرطبة. تنشئ العقد الموجودة على شبكة المشاة مناطق للراحة والتجمع بالإضافة الى توفير ساحة ترفيهية خارجية لجميع الزائرين من العمر ولأنشطة متنوعة مختلفة.

شكل ١١٧: المناطق الترفيهية في الحديقة

- التنوع البيولوجي:

سوف يتم إدخال أنواع محلية من أشجار التظليل وشجيرات الزينة والنباتات العطرية المعمرة وزراعة أكثر من ١١٠٩٥ نباتًا وشجيرات ونباتات معمرة مما يضمن تنوع الغطاء النباتي للأنواع المحلية بشكل أساسي لإنشاء

موائل مختلفة للحياة البرية. كما سيتم زيادة الأنواع الحيوانية عن طريق إثراء البيئة ذات الموائل الأصلية المتنوعة للحيوانات المختلفة فمن المتوقع أيضًا إثراء جودة أنواع الحيوانات بسبب إدخال أنواع نباتية مختلفة.



شكل ١١٨: الأداء المتوقع لحديقة العاشر من رمضان للأراضي الرطبة[٣١٠]

٧.٢.٢.٤ الفوائد المتوقعة للمشروع:

بناءاً على ما تم ذكره من أهداف المشروع والخطة المطروحة فإنه من المتوقع أن يحقق المشروع مجموعة من الأهداف التي يمكن تقسيمها الى:

أ. فوائد بيئية:

بناء نظام معالجة المياه والأراضي الرطبة على أساس الموارد الموجودة لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي المجاورة وإدخال أنواع نباتية محلية يساعد أن يمتص الغطاء النباتي الداخلي ثاني أكسيد الكربون وينقي الأرض والمياه الملوثة، بالإضافة زيادة التنوع البيولوجي.

[310] ElMeligy, Aya. (2022). Environmental Impact of Constructed Wetland Parks towards achieving Sustainability, Case Study of Wetland Park, 10th Ramadan City, Egypt. Bernburg, Germany, unpublished MSc thesis, Hochschule Anhalt, pp.151.

ب. فوائد اجتماعية:

جذب المجتمع المجاور والزائرين الآخرين من خلال تقديم تجارب فريدة وتفاعلية، وتشجيع المشاركة المجتمعية من خلال الأنشطة المختلفة والقيم الجمالية، وتوفير إمكانية الوصول إلى المنتزه للمقيمين القريبين على بعد ١٥ دقيقة سيرًا على الأقدام، وتوفير فرص تعليمية للمدارس القريبة، وتحسين الوعي البيئي لزوار الحديقة.

ج. فوائد اقتصادية:

توفير قيمة كبيرة من حيث التكلفة من خلال استخدام مصادر المياه العادمة في ري المناظر الطبيعية المجاورة بدلاً من استخدام مياه الشرب الخاصة بالبلدية، وتوفير تكلفة المواد من خلال إعادة استخدام مواد الموقع المتاحة أثناء مراحل الإنشاء، وتوفير تكاليف الطاقة عن طريق إعادة تدوير نفايات النباتات في إنتاج الغاز الحيوي، وتوليد الإيرادات من رسوم إيجار المرافق الترفيهية، والمساهمة في زيادة العقارات الموجودة بجوارها وزيادة قيمة استخدام الأراضي.

٨.٢.٢.٤ دراسة SWOT (نقاط القوة والضعف والفرص والتهديدات) لمشروع حديقة العاشر من رمضان:

شكل ١١٩: دراسة SWOT لمشروع العاشر من رمضان (من إعداد الباحث)

٩.٢.٢.٤ تقييم النتائج المتوقعة لمشروع حديقة العاشر من رمضان طبقاً لمؤشرات تحقيق الاستدامة:

التصنيف	المؤشر	مؤشرات فرعية	نوع القياس	النتائج
بيئي	المياه	– المياه المعاد استخدامها: النسبة المئوية للمياه المعاد استخدامها.	كمي	– الحد الأدنى للمياه المعاد استخدامها من ٢٠٠ إلى ٤٠٠ م ٣ يوميًا
		– جودة المياه: النسبة المئوية للملوثات التي يتم إزالتها من خلال الأراضي الرطبة المشيدة.		– جودة المياه المتوقعة مناسبة لري نباتات الزينة –
	الطاقة	– الحفاظ على طاقة البناء: النسبة المئوية من الطاقة المحفوظة أثناء مرحلة البناء مقارنة بمحطة المعالجة التقليدية	كمي	– من المتوقع توفير الطاقة في عملية المعالجة من خلال المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي
				– من المخطط إنتاج الميثان من خلال محطات الغاز الحيوي لاستخدامه كطاقة خضراء في كهرباء الحديقة
				– إنتاج الطاقة الشمسية
				– مستشعر قياس للاستخدام الأمثل للطاقة
	المواد المستخدمة	– المواد المعاد تدويرها: النسبة المئوية للمواد المعاد تدويرها أو الحصول عليها من المواد الموجودة في الموقع.	كمي	– سوف يتم إعادة استخدام التربة في إنشاء التلال والمناظر الطبيعية
		– المواد الخطرة: النسبة المئوية للمواد الخطرة والمواد الكيميائية المستخدمة في عملية معالجة المياه مقارنة بعمليات المعالجة التقليدية		– من المخطط استخدام الحجر الطبيعي والمواد المحلية – استخدام النباتات في مصنع الغاز الحيوي – ألواح العزل لمنع التسرب
	المخلفات الصلبة والسائلة	– نوعية / كمية النفايات التي يتم تفريغها أثناء عملية المعالجة.	كمي/كيفي	– النفايات السائلة: سيتم إعادة استخدام تدفق المياه العادمة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي المجاورة المعاد تدويرها لإعادة استخدامها بعد تنقيتها في مجرى المياه بالأراضي الرطبة بحد أدنى ٢٠٠ إلى ٤٠٠ متر مكعب في اليوم.
				– النفايات العضوية: سيتم إعادة استخدام النباتات المائية في الغاز الحيوي.
	البصمة الكربونية	– البصمة الكربونية: كمية ثاني أكسيد الكربون وانبعاثات الغازات الدفيئة الأخرى المرتبطة بمشروع الأراضي الرطبة مقارنة بمحطة المعالجة التقليدية.	كمي	– من المتوقع الحد الأدنى لإزالة ٢٧٨٧.١ جم من ملوثات الهواء كل عام من خلال إضافة إجمالي ١١٠٩٥ غطاء نباتي.
				– الملوثات التي سيتم إزالتها ١١٢.٤ جم / سنة من أول أكسيد الكربون، و٢٣٠٠.٤ جم / عام من الأوزون، و٣٠٩.٤ جم / عام من ثاني أكسيد النيتروجين، و٤٨.٢ من ثاني أكسيد الكبريت، و١٦.٧ جم / سنة من الجسيمات.
				– من المتوقع انخفاض درجة حرارة الهواء بمتوسط ٥–١٠ درجات مئوية.
				– تخزين الكربون المقدر بـ ٩٨.٨ طن متري.
	جودة الهواء	– جودة الهواء: تحسن جودة الهواء بسبب زيادة الغطاء النباتي.	كمي	– من المتوقع عزل الكربون بحد أدنى ٢٣٩٤٥ كجم.
	التنوع البيولوجي	– عدد أنواع الحيوانات والنباتات التي تم إدخالها إلى الموطن	كمي	–من المخطط تصميم مساحة ٧٨٣٠ م من المزرعة من إجمالي مساحة المنتزه
				– إضافة إجمالي ١١٠٩٥ نباتات، ممثلة في ٢ نخلة و١٣٧ شجرة و٦٦١ شجيرة و١٥ متسلقًا و٦٧٨٠ غطاء أرضي و٣٥٠٠ عشبة زينة.
				– إثراء الأنواع الحيوانية نتيجة زراعة ١١٠٩٥ غطاء نباتي.
اجتماعي	توعية المجتمع	– درجة وعي المجتمع بمشاكل ندرة المياه والتدابير المستدامة المحتملة.	كيفي	– سوف يعزز وعي الجمهور بالجوانب البيئية للحديقة.
				– سوف توفر الحديقة المعلومات للزوار داخل الحديقة حول معالجة المياه والوظيفة البيئية للأراضي الرطبة.
	حجم المجتمع	عدد الزوار المحتملين لمشروع حديقة الأراضي الرطبة على نطاق زمني محدد.	كمي	لم يحدد بعد لأنه جاري تنفيذ المشروع.
	القبول الاجتماعي	درجة قبول المجتمع للمشروع	كيفي	من المتوقع جذب المجتمع المجاور والزائرين الآخرين من خلال تقديم تجارب فريدة وتفاعلية ومن خلال تصميم مناطق متنوعة لضمان قبولهم
	المشاركة العامة	درجة المشاركة المجتمعية النشطة خلال مراحل المشروع المختلفة	كيفي	سوف توفر الحديقة أنشطة اجتماعية متعددة مرحة ومثيرة وهادئة، وجميعها مرتبطة بالمياه.
	التعليم والتدريب	الخدمات التعليمية والتدريبية التي يقدمها المشروع خلال مراحله المختلفة	كيفي	من المخطط توفير فرص تعليمية للمدارس القريبة في الصيف من خلال الأنشطة وبرامج العطلات
	القيم الاجتماعية	القيم الاجتماعية والاتصال بين المجتمع المحلي وزوار الحديقة	كيفي	سوف يتم تشجيع المشاركة المجتمعية من خلال الأنشطة المختلفة والقيم الجمالية
	القيم الجمالية	– القيمة الجمالية البصرية للمشروع للمجتمع المحلي	كيفي	– ستعمل على تعزيز الحد من الروائح من خلال إنشاء حزام أخضر وزراعة مختلف المزارع المعطرة
		– فعالية الحد من الرائحة		
اقتصادي	إجمالي تكلفة المشروع	– القيمة الحالية لإجمالي التكاليف المرتبطة بتنفيذ المشروع، بما في ذلك تكلفة رأس المال والتشغيل والصيانة.	كمي	حوالي ٦ مليون جنية
	قيمة الأرض المستخدمة	– القيمة الاقتصادية للأرض التي يستخدمها المشروع مقابل استخدامها للتطويرات الأخرى.	كمي	المساهمة في زيادة قيمة المنزل داخل الكتل التقريبية وزيادة قيمة استخدام الأراضي
	الإنتاجية	– الإيرادات الاقتصادية المحتملة من تنفيذ المشروع.	كمي	من المتوقع توليد الإيرادات من رسوم إيجار المرافق الترفيهية في المنطقة

جدول ١٠: مؤشرات الاستدامة لحديقة العاشر من رمضان (الجدول من صياغة الباحث)

١٠.٢.٢.٤ النتائج:

من خلال تحليل التجارب العالمية تم استنتاج بعض النتائج وفيما يلي مدى تحقيق مشروع حديقة العاشر لها:

- المشروع تم تقسيمه إلى ٤ مناطق وذلك طبقاً لطبيعة الموقع.
- مرحلة المعالجة في المنطقة الأولى الأراضي الرطبة ذات التدفق تحت السطحي وذلك أول ٢٠٠م وهذه المنطقة قريبة من مدخل المياه الملوثة وبالتالي غير محبب وجود أنشطة في هذه المنطقة نظراً للرائحة الكريهة، ثم بعد ذلك تبدأ تمر عبر منطقة الأراضي الرطبة ذات التدفق السطحي حتى ٦٠٠م منطقة النافورة وفيها المياه تمت معالجتها وهنا يسمح في هذه المرحلة بالتفاعل مع المياه وعمل أنشطة مائية.
- استخدام النباتات المحلية الموجودة في الموقع.
- استخدام الأحجار أو الصخور في المياه للمساعدة في تزويد الماء بالأكسجين وفي نفس الوقت ميزة للعب.
- ربط مسارات المشاة بمسارات المياه وذلك في مرحلة الأراضي الرطبة ذات التدفق السطحي للسماح للناس بالتفاعل معها مما يساعد في تعليمهم أهمية إدارة المياه.

١١.٢.٢.٤ الخلاصة

- وفقاً للدراسة النظرية والتحليلية، فإن الأراضي الرطبة المشيدة تقنية منخفضة التكلفة تحقق العديد من المزايا الاجتماعية والاقتصادية والبيئية.
- لابد أن تحتوي حدائق الأراضي الرطبة المشيدة على مسطح مائي.
- مستوى المياه في الحديقة متغير وغير ثابت.
- تفاعل الناس مع المياه لابد أن يكون بعد معالجة المياه.
- النباتات المستخدمة في الحديقة جزء من مرحلة المعالجة وأيضا الحيوانات جزء من عملية الفلترة.
- سرعة المياه تكون مدروسة للوصول لأعلى مستوى من التنقية.
- مسارات المشاة مرتبطة مع مسارات المياه وبالتالي تفاعل الناس معها.

تحليل SWOT عام (نقاط القوة والضعف والفرص والتهديدات) لتقنية حدائق الأراضي الرطبة المشيدة:

شكل ١٢٠: دراسة SWOT عامة لتقنية حدائق الأراضي الرطبة المشيدة (من إعداد الباحث)

الفصل الخامس

٥ النتائج والتوصيات

١.٥ النتائج

استناداً إلى ما تم طرحه خلال الفصول السابقة، وما تم تحليله من أمثلة لحدائق الأراضي الرطبة المشيدة عالمياً ومحلياً، وما تم تطبيقه على الحالة الدراسية، يمكن استخلاص النتائج للحالات الدراسية ثم النتائج العامة وتلخيصها فيما يلي:

١.١.٥ نتائج التجارب العالمية

من خلال دراسة التجارب العالمية السابقة نجد أن تصميم حدائق الأراضي الرطبة المشيدة بها ثوابت ومتغيرات تصميمية حيث يتم استنتاج الآتي:

- المشروع يتم تقسيمه إلى أجزاء (طولي أو عرضي) وذلك طبقاً لطبيعة الموقع والطبوغرافيا. فمشروع وادي حنيفة تم تقسيمة الى خمس أقسام عرضية وذلك طبقا لطبيعة الموقع الجيولوجية، ومشروع حديقة ويليو تم تقسيم الى أربعة أقسام طولية وذلك طبقا لطبيعة الموقع نتيجة للفيضانات المستمرة به.
- مرحلة المعالجة في حديقة الأراضي الرطبة المشيدة موجودة في كل المشاريع، حيث إنها تتم في المنطقة التي تصب فيها المخلفات والنفايات، ولكن بأشكال مختلف، في مشروع وادي حنيفة تتواجد مرحلة المعالجة في المنطقة الثالثة.
- في المعالجة يوجد منطقة الأراضي الرطبة ذات التدفق تحت السطحي وهذه المنطقة قريبة من مدخل المياه الملوثة وبالتالي غير محبب وجود أنشطة في هذه المنطقة نظراً للرائحة الكريهة كما في حديقة ويليو ثم بعد ذلك تمر عبر منطقة الأراضي الرطبة ذات التدفق السطحي وهنا يسمح في هذه المرحلة بالتفاعل مع المياه وعمل أنشطة مائية.
- استخدام النباتات المحلية الموجودة في الموقع.

- استخدام الأحجار أو الصخور في المياه للمساعدة في تزويد الماء بالأكسجين وفي نفس الوقت ميزة للعب، فالحالات الدراسية الثلاثة العالمية تم استخدم الأحجار فيها للتحكم في سرعة تدفق المياه ولزيادة نسبة الأكسجين في الماء مع اختلاف شكل الحجر.

شكل ١٢١: الأحجار في الحدائق

- ربط مسارات المشاة بمسارات المياه وذلك في مرحلة الأراضي الرطبة ذات التدفق السطحي للسماح للناس بالتفاعل معها مما يساعد في تعليمهم أهمية إدارة المياه، في حديقة ويليو مسارات المشاة تمر من فوق الأراضي الرطبة وكذلك في حديقة سيدني.

شكل ١٢٢: المسارات في حديقة ويليو وحديقة سيدني

- الفرق بين حديقة الأراضي الرطبة المشيدة وأي حديقة مستدامة هي أنه لابد أن تحتوي حدائق الأراضي الرطبة المشيدة على مسطح مائي.

٢.١.٥ نتائج التجارب المحلية

- من خلال دراسة مشروع وادي الريان ومشروع بحيرة المنزلة نجد أن لم تستخدم التقنية كحديقة متعددة الاستخدام، فمشروع وادي الريان تم إنشاؤه نتيجة غمر منخفض وادي الريان بمياه الصرف الزراعي الزائدة وبالتالي تم إنشاء بحيرتين بينهم شلال، خلقت بحيرات وادي الريان مجموعة متنوعة من الموائل المحيطة

بها فأصبحت منطقة جدب سياحي، أما مشروع بحيرة المنزلة كان الغرض من إنشائه تنقية مياه مصرف بحر البقر واستخدامها في الزراعة والاستزراع السمكي فقط.

- من المخطط أن مشروع حديقة العاشر من رمضان سيثبت كيفية استغلال كل قطرة مياه مهدرة، وأنه بدلاً من إلقاء مياه الصرف كمخلفات في ترعة الإسماعيلية تم استخدامها بعد تنقيتها بطريقة إيكولوجية في زراعة الحديقة واستخدامها في كثير من الأنشطة.

من خلال تقييم مؤشرات التجارب العالمية والمحلية كما في جدول ١١ يتضح أن:

- **مشروع وادي حنيفة** تميز في الجانب البيئي بما يتناسب مع الطبيعة الموجودة في هذه المنطقة الصحراوية ومع طبيعة المجتمع السعودي من خلال استخدام مواد ملائمة للطبيعة. يعتبر هذا المشروع نموذجًا لتكامل البنية التحتية الرمادية مع البنية التحتية الخضراء مما أدى بالمشروع إلى خلق طابع مميز عن المشاريع الأخرى لما له من ارتباط عميق على كافة المستويات البيئية والعمرانية والاجتماعية. لكن افتقد المشروع الاهتمام بفراغات الأطفال والأنشطة، وأيضاً لا يوجد أنشطة تعليمية في الوضع الراهن، ولكن هناك تطورات جارية لبناء مركز تعليمي لرفع الوعي البيئي لسكان الرياض والحفاظ على الفوائد البيئية للوادي حيث يحتاج المستخدمون إلى المشاركة بنشاط ليشعروا بملكية المشروع. نجاح المشروع له بعض التداعيات التي قد تعيق تقدمه، وأحد المخاوف الرئيسية لتطوير هذا المشروع هو العبء المالي لتكاليف الصيانة طويلة الأجل من قِبَل الحكومة السعودية، والتي قد تؤدي بشكل كامل إلى إشراك مستثمرين محليين من القطاع الخاص لتخفيف العبء المالي. بالإضافة إلى ذلك، فإن الزيادة في قيمة العقارات حول المشروع يمكن أن تؤدي إلى تهجير المزارعين المحليين.
- **مشروع حديقة ويليو** تميز في الجانب الاجتماعي حيث توفر الحديقة تجارب ترفيهية متنوعة وفرصًا لإشراك الجمهور، وتعزيز التعليم البيئي للمواطنين. وأيضاً تميز التصميم بوجود فراغات للأنشطة الترفيهية المختلفة ويمكن للأطفال اللعب بالماء وإشراكهم في الأنشطة المختلفة على عكس وادي حنيفة. توجد بعض العثرات وهي بُعد المشروع عن المدينة وبالتالي الوصول إليه بصعوبة.
- **حديقة سيدني** فتميز في الجانب البيئي والاجتماعي، حيث يقدم المشروع أكبر نظام لتجميع المياه في المدينة ويضم مجموعة من شلالات المياه. إظهار تدفقات المياه وعمليات إعادة استخدام المياه هو جزء مهم من المشروع، حيث إنها تسلط الضوء على العلاقة الجوهرية بين المياه والحياة والأشخاص، وتعلمهم أهمية إدارة المياه والوعي بأهميتها.

- **مشروع بحر البقر** ببحيرة المنزلة، فقد نجح المشروع في تنقية المياه بأسلوب نظيف وتكلفة منخفضة، مع الاستزراع السمكي الذي عزز زيادة التنوع الإيكولوجي. تمت الاستفادة من المشروع كمركز دراسات وبحث وهذا يمثل عائداً ثقافياً وتعليمياً. الأراضي الرطبة داخل هذا المشروع لم تَتعدَ حالة الزراعة ولم تستخدم كحدائق، والاستفادة هنا كانت مقتصرة على تنقية المياه واستخدامها للري والزراعة والاستزراع السمكي.
- **مشروع شلالات وادي الريان** فقد حقق فوائد بيئية واقتصادية واجتماعية. منطقة وادي الريان تمثل مجمعًا بيئيًا يلتقي فيه الموطن الصحراوي الأصلي بعدد من ينابيع المياه العذبة (الواحات الصغيرة) مع موطن الأراضي الرطبة المشيدة في البحيرات التي تشكلت حديثًا. اجتذبت هذه البحيرات مجموعة متنوعة من الطيور والحياة البرية الأخرى، كما سمحت باستخدامات مختلفة للأراضي (الزراعة، ومصايد الأسماك، والترفيه)، وتعتبر كذلك من أشهر المزارات السياحية المصرية.
- **مشروع حديقة العاشر من رمضان،** فيعتبر هذا المشروع أول حديقة أراضي رطبة في مصر جاري تنفيذها، فقد حصل فريق البحث على الكثير من التعليقات والأفكار من مختلف الأطراف والمهنين وكذلك مع ممثلي المجتمع المحلي، وتم الأخذ بالاعتبار بكل هذه المناقشات في تصميم المشروع لتحقيق مزيد من الكفاءة. معظم المواد التي سوف تستخدم في المشروع تعتمد على الطبيعة وغير مكلفة إلى حدٍ ما. نظرًا لأن المشروع لا يزال قيد الإنشاء ولا توجد مقاييس دقيقة للتأثيرات المختلفة، يوصى بعد تشغيل الحديقة قياس أدائها، والمراقبة المستمرة لضمان استدامتها. فمن المتوقع بعد تشغيل الحديقة ان تحقق نجاح وقبول من المجتمع

تقييم مقارن لمؤشرات التجارب العالمية والمحلية:

المؤشر		مشروع تطوير وادي حنيفة بالسعودية	حديقة ويليو للأراضي الرطبة بالصين	حديقة سيدنى للأراضي الرطبة بإستراليا	مشروع وادي الريان	مشروع مزرعة الأراضي الرطبة ببحيرة المنزلة بمصر	مشروع حديقة الأراضي الرطبة المشيدة بالعاشر من رمضان
البيئي	جودة الهواء	●	●	●	●	◕	●
	البصمة الكربونية	●	●	●	◕	◕	●
	الموئل وتعزيز التنوع البيولوجي	●	◕	◕	●	●	●
	الطاقة والحفاظ عليها	◕	◑	◑	○	○	●
	المياه	◕	◕	◕	●	◕	◕
	المخلفات الصلبة والسائلة	●	●	●	●	●	●
	المواد المستخدمة	●	◑	◕	◕	◕	●
الاقتصادي	القيمة الاقتصادية للأرض	●	●	●	●	●	●
	التكلفة الإجمالية للمشروع	◕	●	◕	●	●	●
	توفير منتج يدر عائدا ماديا	●	◕	◕	◕	●	●
	التأثير على المناطق المحيطة إقتصاديا	◑	◕	◕	◕	●	●
الاجتماعي	المشاركة العامة	●	●	◕	◑	◑	●
	تنوع الفرص التعليمية والتدريبية	○	●	◕	●	●	●
	أنشطة توعوبة عامة للحفاظ على المياه	○	●	●	●	●	●
	القبول الإجتماعي	●	●	●	●	●	◔
	توعية المجتمع	◔	●	●	○	○	○
	القيم الاجتماعية	◕	◕	◕	◕	◑	○
	القيم الجمالية	●	◕	◕	◕	○	●
العمراني	مدى سهولة الوصول لموقع الحديقة	●	◕	◕	◑	◑	◕
	سهولة النقل والمواصلات	●	◔	◕	◑	◑	◕
	التصميم ملائم للموقع	●	◕	◕	●	●	●
	توفير الأمن والسلامة	◕	◕	◕	◑	◑	●
	مدى اتصالها بالمدينة	●	◑	◕	◑	◑	●

○	●	◑	◕	●
غير مقبول	مقبول	جيد	جيد جدا	ممتاز

جدول ١١: تقييم المؤشرات العالمية والمحلية (الجدول من صياغة الباحث)

٣.١.٥ النتائج العامة:

- الأراضي الرطبة المشيدة أحد أوجه الانتقال من البنية التحتية الرمادية للخضراء.
- تعتبر تقنية الأراضي الرطبة المشيدة تقنية ناجحة في المناخ الحار والمناخ الشبه حار.
- أثبتت الأراضي الرطبة المشيدة في الأمثلة التي تم دراستها أن لها تأثيرات إيجابية واضحة على جوانب مختلفة من البيئة بالإضافة إلى أنها تمثل حلاً لعدد من المشاكل الحضرية والمناخية، مثل تأثير جزيرة الحرارة، ومستويات التلوث العالية في المدن المصرية، وإدارة مياه الصرف الصحي ومياه المطر، وهي بديل فعال بسبب تكلفتها المنخفضة وتوفير الطاقة، بالإضافة إلى إدخال المزيد من النباتات وتعزيز التنوع البيولوجي.
- حدائق الأراضي الرطبة المشيدة نهج فعال لإنشاء مشاريع متعددة الوظائف لا تدعم الجوانب البيئية فحسب، بل تجمع بين الركائز الأساسية الأخرى للاستدامة، الاجتماعية وتتمثل في تقديم الأنشطة الترفيهية والقيم الاجتماعية والمشاركة المجتمعية وبالتالي زيادة تماسك المجتمع والمشاركة المجتمعية بالإضافة إلى زيادة وعي المجتمع بأهمية المياه والمحافظة عليها، والعوامل الاقتصادية المتمثلة في توفير إيرادات من المشروع وزيادة قيمة استخدام الأراضي.
- تشمل حدائق الأراضي الرطبة المشيدة العديد من التأثيرات والعوامل الفريدة التي تؤثر على الاستدامة.
- من الممكن استخدام هذه التقنية في الحدائق العامة القائمة لتحقيق معدلات استخدام أعلى وتوفير للمياه. ومع التزايد المحتمل في الاهتمام بتقنية الأراضي الرطبة المشيدة قد تتولد الحاجة الى تطبيق هذه التقنية داخل التجمعات العمرانية القائمة وحينها يجب النظر الى مجموعة من التحديات التي قد تواجه هذا الاتجاه ومنها: لابد من وجود مصدر مياه بالإضافة الى أن تقنية الأراضي الرطبة المشيدة تحتاج مساحة كبيرة لكي تتم عملية المعالجة وتكلفة الأرض عالية.

٢.٥ <u>التوصيات</u>

١.٢.٥ على مستوى الدولة:

- يجب على المؤسسات العلمية والتنفيذية التعاون لتطبيق هذه التقنية والاستفادة منها في أكبر نطاق للمدن المصرية بالاستعانة بالأبحاث والدراسات التي تعتمد على استخدام هذ التقنية، والاستثمار لتحقيق عوائد اقتصادية وبيئية على المدى الطويل.

- تتوسع الدولة في هذه المشروعات وعمل القوانين والتشريعات التي تساعد على ذلك.

٢.٢.٥ على المستوى الإقليمي:

- يوصي البحث بألا تقتصر تطبيق هذه التقنية على المستوى المحلى، ولكن يمكن نقل الخبرات المتولدة في هذا المجال إلى البعد الإفريقي عن طريق دعم وتنمية مشاريع حدائق الأراضي الرطبة المشيدة في عدة مناطق إفريقية مثل منابع النيل الأبيض وعلى طول ضفاف نهر النيل ونهر الكونغو وسوف تساهم هذه الاستراتيجية في دعم الروابط الإقليمية وخلق عوائد اقتصادية لكلا الطرفين ترتكز في الأساس على زيادة الإنتاج الحيواني والزراعي مثل التجربة الصينية الأثيوبية داخل القارة الإفريقية مثل مشروع تحويل الأراضي الرطبة في إثيوبيا: بدأت الصين في تنفيذ هذا المشروع في عام ٢٠٠٦ بهدف تحويل المناطق الرطبة الصحراوية في إثيوبيا إلى أراضٍ زراعية، وقد أدى المشروع إلى تحسين الإنتاج الزراعي في المنطقة وتوفير فرص عمل للسكان المحليين.

٣.٢.٥ على المستوى العمراني:

- تعتبر حديقة الأراضي الرطبة المشيدة مشروع محفز في البيئة الحضرية لكل من المدن القديمة والجديدة، مما يساعد في التغيير الإيجابي والتكيف مع العوامل البيئية، فضلاً عن تعزيز استدامة المدينة ومرونتها.
- يجب أن يتكرر إنشاء الأراضي الرطبة المشيدة داخل المدن بحيث تكون متعددة الاستخدام وأن تجمع بين الترفيه والوظيفة، حيث يمكن تطبيق التكامل بين البنية التحتية الرمادية والبنية التحتية الخضراء من خلال استخدام هذه التقنية مما يزيد من جودة الحياة في المدينة وإعادة استخدام المياه في مصر.
- حصر ودراسة الأماكن التي من الممكن إنشاء حدائق أراضي رطبة مشيدة بها في مصر، ومن ذلك التركيز على إمكانية تحويل بعض من الحدائق العامة في مصر مثل حديقة الأزهر، حديقة الحيوان وغيرها من الحدائق الكبرى المنتشرة في كثير من محافظات مصر الى مشاريع حدائق أراضي رطبة مشيدة بشكل كلى أو جزئي.

٤.٢.٥ على المستوى البيئي:

- يوصى بإجراء تقييم بيئي من خلال المراقبة المكثفة لأداء الحديقة من خلال التقييم المستمر للأداء ومراقبة البيانات الدقيقة وتحليلها من أجل الارتقاء بأداء الحديقة.
- يوصى بإجراء تقييم منتظم لجودة المياه المعالجة لتطبيق طرق التحسين والتخفيف لضمان الارتقاء بأداء الأراضي الرطبة المشيدة، وأيضا الصيانة الدورية والمستمرة لإطالة كفاءتها وبالتالي ضمان استدامتها.

٥.٢.٥ على المستوى الاجتماعي:

- يجب إشراك المجتمع حيث إن لهذه التقنية العديد من المزايا في كل مرحلة من مراحل المشروع (التصميم والتنفيذ والتشغيل). فتقنية الأراضي الرطبة المشيدة تعمل على تشجيع التفاعل الاجتماعي وتعزيز الشعور بالانتماء والأمن الاجتماعي.

٦.٢.٥ على المستوى الاقتصادي:

- تعتبر حدائق الأراضي الرطبة المشيدة فعالة للغاية بغض النظر عن الظروف المناخية، فهي توفر فرصًا كبيرة لتطوير المدن لضمان الارتقاء الاقتصادي.
- تتمتع أيضًا بفوائد اقتصادية متنوعة، فيمكن تنفيذ مشروعات الأراضي الرطبة المشيدة كمشروعات لامركزية منخفضة التكلفة، ومن ثم يمكن تطبيقها على مستويات مختلفة، كحديقة لمعالجة مياه الصرف في الحي، أو متنزه ترفيهي في المنطقة، أو متنزه سياحي واسع النطاق في المدن الكبرى.
- لها تأثير كبير على مدن المناخ الحار الجاف، ومن ثم يوصى بتكييفها في البلدان النامية ذات المناخ الجاف الحار، مثل مصر لدورها الكبير في تعزيز الاستدامة.
- إجراء تقييم اقتصادي دقيق من خلال المختصين لمشاريع الأراضي الرطبة المشيدة المخطط لتنفيذها سواء داخل أو خارج مصر لضمان وجود جدوى اقتصادية حقيقية تضمن استمرارية هذه المشروعات.

٧.٢.٥ على المستوى الأكاديمي والبحثي:

- وجد البحث قصوراً في أبحاث تنسيق المواقع برغم العدد الهائل لكليات الهندسة المعمارية في مصر، فمن الضروري تأهيل وتدريب المزيد من المتخصصين ولتحفيز تبني هذه المشاريع في الدول النامية لأن ندرة الفنيين والمهنيين في هذه القطاعات تشكل عائقًا.
- يوصي البحث أيضا بإجراء مزيد من البحوث في مجال الأراضي الرطبة المشيدة واستخدامها كأداة متعددة الوظائف.

٨.٢.٥ على المستوى التشريعي والإداري:

- وضع سياسات ولوائح وامتيازات لتنفيذها، وذلك من خلال إصدار قوانين تحفز الاستثمار في إعادة استخدام المياه، ووضع حوافز للمؤسسات التي تستخدم المياه.

المراجع العربيـــــة:

أبو العلا، سلوى. (٢٠١٧). دليل استرشادي لتحسين نوعية المياه في مسار المصارف باستخدام الحشائش المائية. القاهرة، معهد بحوث صيانة القنوات المائية المركز القومي لبحوث المياه، وزارة الموارد المائية والري، ص ص: ١٦.

أبو العلا، سلوى. (٢٠١٧). دليل استرشادي لتحسين نوعية المياه في مسار المصارف باستخدام الحشائش المائية. القاهرة، معهد بحوث صيانة القنوات المائية المركز القومي لبحوث المياه، وزارة الموارد المائية والري، ص ص: ٥-١١.

التميمي، عبد الرحمن & الرابي، أيمن. (٢٠١٦). تخطيط خدمات البنية التحتية في الحكم المحلي. رام الله، مشروع دعم الدور القيادي للنساء داخل مجالس الهيئات المحلية، المبادرة الفلسطينية لتعميق الحوار العالمي والديمقراطية – مفتاح. فلسطين. متوفر في: http://www.miftah.org/Publications/Books/GuidebookInfrastructurePl (تم الولوج في ١٥ مايو ٢٠٢١).

الداغستاني، عصام صالح. (٢٠٠٩). إدارة التنمية المستدامة في البيئة الحضرية لمدينة بغداد. بغداد، العراق. أطروحة دكتوراه مقدمة إلى المعهد العالي للتخطيط الحضري والإقليمي بجامعة بغداد.

الدليمي، خلف حسين على. (٢٠٠٩). تخطيط الخدمات المجتمعية والبنية التحتية (أسس – معايير– تقنيات). عمان، دار صفاء للنشر، الطبعة الثانية.

الدميري، الشيماء محمد عبد اللطي**ف** (٢٠١٧). إعادة منهجية تخطيط البنية التحتية المستدامة للمدن المتوسطة في إطار العمارة الخضراء، المنصورة، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الهندسة جامعة المنصورة.

الدميري، الشيماء محمد عبد اللطي**ف**. (٢٠١٧). إعادة منهجية تخطيط البنية التحتية المستدامة للمدن المتوسطة في إطار العمارة الخضراء، المنصورة. رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الهندسة جامعة المنصورة.

السلق، غادة. الصفار، ميثم. (٢٠١٤). التنمية المستدامة في مركز الكرخ التاريخي. بغداد. بحث منشور بمجلة كلية الهندسة، جامعة بغداد. المجلد ٢٠, العدد ١١, ص ص: ١-٢٨.

السيد، مها. (٢٠١٩). مؤشرات الاستدامة للمجاورات السكنية في مصر. القاهرة، مصر. مجلة جمعية المهندسين المصرية، كلية التخطيط الإقليمي والعمراني، جامعة القاهرة. عدد ١, ص ص: ١-٥.

الوكيل، شفق. (٢٠٠٧). التخطيط العمراني (الإسكان – الخدمات – الحركة). القاهرة، مصر. اتحاد مكتبات الجامعات المصرية (إيكوبا), الجزء الثاني. متاح في:

=ScopeID&http://srv٤.eulc.edu.eg/eulc_v٥/Libraries/start.aspx?fn=ApplySearch
SearchText١=%D٨٪A٧٪D٩٪٨٤٪D٩٪٨٨٪D٩٪٨٣٪D٩٪٨A%D٩٪٨٤٪&.criteria١=٢&
٢C+%D٨٪B٤٪D٩٪٨١٪D٩٪٨ (تم الولوج في ١٥ مايو ٢٠٢١).

بشندي، سعاد يوسف حسنين. (١٩٩٠). تأثير تكنولوجيا هندسة النقل والمواصلات على تشكيل المدينة. القاهرة، رسالة دكتوراه، غير منشورة، كلية الهندسة، جامعة القاهرة.

بيومي، مصطفي. لومي، ماري & آخرون. (٢٠٢٢). تقرير مؤشر ولوحات متابعة أهداف التنمية المستدامة في المنطقة العربية لعام ٢٠٢٢. دبي وأبو ظبي ونيويورك. محمد بن راشد للإدارة الحكومية، وأكاديمية أنور قرقاش الدبلوماسية ص ص: ١-١٦٨. متاح في:
https://www.mbrsg.ae/getattachment/٧٢b٩٣٨٢٢-٧f٠١-٤٠٨١-٩b٨f-
Ar/٥٢f٤٨٣c٤٢bc٨ (تم الولوج في ١٥ مايو ٢٠٢١).

حريز، يعقوب. (٢٠١١). دراسة مؤشرات المواصلات في شبكات النقل: تحليل كمي ونوعي لشبكة مدينة باتنة ودراسة حالة لشبكة المؤسسة العمومية للنقل الحضري. باتنة، الجزائر. رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة الحاج لخضر، كلية العلوم الاقتصادية والتجارة وعلوم التسيير. متاح في: -http://lab.univ
batna.dz/LMTL٢٥/images/pdf/ha (تم الولوج في ١٥ مايو ٢٠٢١).

حمزة، عباس. عباس، قيس. (٢٠١٦). استراتيجية محاكاة الطُرُز المعمارية التراثية لتحقيق الاستدامة البيئية: طراز الفناء الوسطي نموذجاً. بغداد، المجلة العراقية للهندسة المعمارية، العدد ١, ص ص: ١-١٣.

ديب، ريدة يوسف. (٢٠٠٩). استراتيجية التنمية العمرانية المستدامة في المناطق شبه الحضرية. دمشق، سوريا. رسالة دكتوراه، جامعة دمشق. مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، مج٢٥، ع١.

عبد الرازق، نجيل كريم. الدباغ، شمائل. (٢٠٠٨). استدامة المدن التقليدية بين الأمس والمعاصرة اليوم (دراسة مقارنة). بغداد، العراق. مجلة الهندسة والتكنولوجيا المجلد ٢٦ العدد ١١. متوفر في:
https://www.iasj.net/iasj/download/٥ec١٤١١١٨c٦e٠a٣٦ (تم الولوج في ٥ مارس ٢٠٢١).

عبدالله، محمود. (٢٠٢١). وزيرة التخطيط: ١٤٣ مليار دولار قيمة استثمارات مصر في البنية التحتية خلال ٧ سنوات. القاهرة، مصر. بوابة الأهرام. متاح في:
https://gate.ahram.org.eg/News/٣٠٧٥٩٢٧.aspx (تم الولوج في ٢ يوليو ٢٠٢٢).

علوان، كريم. وحسن، ندى. (٢٠١٧). دور البنية التحتية الحضرية في تنمية المدن. مجلة جامعة بابل، العلوم الهندسية، العدد (٦)، المجلد (٢٥), ص. ٣١.

على, مصطفي. (٢٠١٢). إحياء طابع الحدائق ذات القيمة التراثية: دراسة تحليلية لمنطقة حدائق القناطر الخيرية. القاهرة، رسالة ماجستير غير منشورة. كلية الهندسة، جامعة القاهرة.

قنبر، أسامة عبد النبي. (٢٠٠٥). استدامة المناطق السكنية بالمجتمعات الحضرية الجديدة بإقليم القاهرة الكبرى. القاهرة: رسالة دكتوراه، غير منشورة، قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة الأزهر، ص٥.

كريم، خولة. محى، ميسون. (٢٠١٤). الاستدامة في العمارة: بحث في دور استراتيجيات التصميم المستدام في تقليل التأثيرات على البيئة العمرانية. القاهرة: مؤتمر الأزهر الهندسي الدولي الثالث عشر، ١٩ Code: A، ٦ .No ,٩ .Vol.

نصر الله، عبد الفتاح. وأبو زيادة، زكي. (٢٠١٩). دور البنية التحتية في تحقيق النمو الاقتصادي في فلسطين. غزة، فلسطين. المؤتمر الثاني المحكم لكلية الاقتصاد والعلوم الاجتماعية بعنوان: نحو رؤية شاملة لتعزيز البنية التحتية الاقتصادية في فلسطين. متاح في:
https://repository.najah.edu/bitstream/handle/٢٠.٥٠٠.١١٨٨٨/١٤٢٥٩/%d٨%a٨%d
ad%d٨%ab%٢٠%d٨%ad%d٩%٨٨%d٩%٨٤%٢٠%d٨%a٧%d٩%٨٤%d٨%a٨%d٩%٨٦%d%٨
?٨a%d٨%a٩%٢٠%d٨%a٧%d٩%٨٤%d٨%aa%d٨%ad%d٨%aa%d٩%٨a%d٨%a٩.pdf%٩
sequence=١&isAllowed=y (تم الولوج في ٢ يوليو ٢٠٢٠).

وثيقة دستور العمران قانون البناء المصري. (٢٠٠٨). مصر، اللائحة التنفيذية لقانون البناء رقم ١١٩، الجريدة الرسمية، العدد ٨٢. ص ٥.

وزارة الموارد المائية والري. (٢٠١٧). تقرير حالة البيئة للعام ٢٠١٧. القاهرة، مصر. متاح في:
https://www.eeaa.gov.eg/portals/٠/eeaaReports/SoE-
Egypt%٢٠SOE%٢٠٢٠١٧%٢٠-%٢٠Full%٢٠Report%٢٠Arabic.pdf/٢٠١٧ (تم الولوج في ٥ مايو ٢٠١٩).

English References:

Abdallah, M. S. (2017). Water Pollution and Treatment of Wadi Hanifah (Hanifah Valley). Dhahran, Saudi Arabia. King Fahd University of Petroleum and Minerals, College of Petroleum Engineering & Geosciences, Environmental geology, pp:2-10 (Uid: 201265340). Available at: https://www.researchgate.net/publication/313881446_Water_Pollution_and_Treatment_of_Wadi_Hanifah_Hanifah_Valley (Accessed on March 20, 2021).

Abdou, A., Abd Elgawad, I. & Fouad, T. (2016). Green Infrastructure to Achieve Sustainability in Urban Design: Nile Corridor in Great Cairo As A Case Study. Cairo, Egypt. Journal of Al Azhar University Engineering Sector Vol. 11, No. 40, pp: 1055- 1066. Available at: https://jaes.journals.ekb.eg/article (Accessed on April 11, 2019).

Abou-Elela, Sohair. (2017). Constructed Wetlands: The Green Technology for Municipal Wastewater Treatment and Reuse in Agriculture, Unconventional Water Resources and Agriculture in Egypt. The Handbook of Environmental Chemistry, vol 75. Springer, Cham., pp: 189-239. Available at https://doi.org/10.1007 (Accessed on April 11, 2019).

Ajuntament de Barcelona. (2013). Barcelona green infrastructure and biodiversity plan of 2020. Barcelona, Spain. Medi Ambient i Serveis Urbans. Available at https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/sites/default/files/Barcelona%20green%20infrastructure%20and%20biodiversity%20plan%202020.pdf (Accessed on February 13, 2020).

AKDN. (2008). Aga Khan Award for Architecture, AKAA, Wadi Hanifa Wetlands, 2008-2010 Cycle, Available at: https://www.akdn.org/architecture/project/wadi-hanifa-wetlands (Accessed on July, 3, 2021).

AKDN. (2022). Wadi Hanifa Wetlands. Retrieved from Aga Khan Development Network (AKDN). Available at: https://the.akdn/en/how-we-work/our-

agencies/aga-khan-trust-culture/akaa/wadi-hanifa-wetlands (Accessed on June 7, 2022).

Alberta Water. (2016). Introduction to green infrastructure and grey infrastructure. Available at: https://albertawater.com/green-vs-grey-infrastructure/ (Accessed on June 2, 2020).

Almaany. (2022). Available at https://www.almaany.com/ar/dict/ar-ar/%D8%A8%D9%86%D9%8A%D8%A9/ (Accesed on May 7, 2022)

Alonso, C. V. (2003). Ramsar Convention Implementation in MedWet countries: Analysis of COP8 Convention National Reports. Izmir, Turkey. Ramsar Bureau. pp: 11-48. Available at: https://medwet.org/wp-content/pdf/MWC5_4_en.pdf (Accessed on May 12, 2022).

Alrabe, M. (2015). The Craving Desert: Story Of A Remediated Dump (Wadi Hanifa). Arriyadh, Saudi Arabia. Ecological Urbanism, pp: 10-11. Available at: https://web.mit.edu/nature/projects_14/pdfs/2014-WadiHanifa-Muneerah.pdf (Accessed on June 20, 2022).

Alriyadh. (2022). Available at: https://www.alriyadh.com/515772 (Accessed on September 22, 2022).

Al-Samhouri, W. & Al-Naim, M. (2010). Wadi Hanifa Wetlands. Riyadh, Saudi Arabia. Arriyadh Development Authority. Available at: http://www.landscape.cn/special/Aga-Khan/images/0001.pdf (Accessed on March 20, 2021).

American Rivers. (2016). What is Green Infrastructure?. Available at: https://www.americanrivers.org/threats-solutions/clean-water/green-infrastructure/what-is-green-infrastructure/ (Accessed on May 20, 2020).

Anderson, C. (2018). An Update on Denver's Sustainability Goals - 303 Magazine. Available at: https://303magazine.com/2018/01/denver-sustainability-goals-2018/ (Accessed on July 13, 2022).

ArchDaily. (2016). Sydney Park Water Re-Use Project. Available at: https://www.archdaily.com/793523/sydney-park-water-re-use-project-turf-design-studio-plus-environmental-partnership-alluvium-turpin-plus-crawford-dragonfly-and-partridge?ad_medium=gallery (Accessed on Oct. 5, 2022).

Architecture & Design. (2016). Urban Design Architecture & Landscape Projects. Available at: https://www.architectureanddesign.com.au/projects/landscape-urban-design/sydney-park-water-re-use-project-by-turf-design-st (Accessed on September 30, 2022).

Architizer. (2020). Sydney Park Water Re-Use Project. Available at: https://architizer.com/blog/projects/sydney-park-water-re-use-project/ (Accessed on September 30, 2022).

Arriyadh Development Authority. (2010). Wadi Hanifah Restoration Project. Saudi Arabia. Available at: https://docplayer.net/7729494-Wadi-hanifah-restoration-project-arriyadh-development-authority-moriyama-teshima-buro-happold-march-2010.html (Accessed on March 30, 2021).

ASLA. (2007). ASLA Green Roof Monitoring Results. Chicago, USA. American Society for Landscape Architects. Available at: https://www.asla.org/uploadedFiles/CMS/Green_Roof/Green_Roof_Monitoring_Results.doc. (Accessed on February 10, 2020).

ASLA. (2010). ASLA 2010 Professional Awards | Tianjin Qiaoyuan Park: The Adaptation Palettes. Chicago, USA. American Society for Landscape Architects. Available at: https://www.asla.org/2010awards/033.html (Accessed on February 13, 2020).

ASLA. (2017). Sustainable Landscapes: Designing Our Future. Chicago, USA. Amercian Society for Landscape Architects. Available at: https://www.asla.org/sustainablelandscapes/sidwell.html (Accessed July 1, 2020).

ASLA. (2021). Professional Awards of 2010: Rooftop Haven for Urban Agriculture. Chicago, USA. American Society of Landscape Architects. Available

at: https://www.asla.org/2010awards/377.html (Accessed on October 13, 2021).

Ayyad, M.A., Ghabour, S.I. (1986). Hot deserts of Egypt and Sudan. Amsterdam, Evenari M, Noy-Meir I, Goodal D (eds) Ecosystems of the world. 12 B, Elsevier, Amsterdam, pp 149-207.

Baha El Din, M. & Baha El Din, S., (1999). Wadi El Rayan Tourism Survey. Egypt, Wadi El Rayan Natural Protectorate Project, pp: 12-77. Available at: https://www.eeaa.gov.eg/portals/0/eeaaReports/NCSCB/Business%20Plans/WR%20BP.pdf (Accessed on April 11, 2020).

Baldwin, E. (2018). An Architect's Guide to Green Roofs. New York City, USA. Architizer Journal. Available at: https://architizer.com/blog/product-guides/product-guide/green-roofs/ (Accessed on March 15, 2019).

Bendoricchio, G., Dal Cin, L. & Persson, J.)2000(. Guidelines for free water surface wetland design. Denmark, EcoSys, Bd 8, pp: 51-91. Available at https://www.researchgate.net/publication/268441082_Guidelines_for_free_water_surface_wetland_design (Accessed on September 19, 2022).

Benedict, M.A. & McMahon, E.T. (2006). Green Infra-structure: linking landscapes and communities. USA. Island Press, second edition, pp:1-299.

Benedict, M.A., & McMahon, E.T. (2002). Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century. USA. Renewable Resources Journal, Vol. 20, No.3, pp:12-17.

Blankenship, R. (2015). What Is A Bio-Swale? Available at Holeman Landscape: http://www.holemanlandscape.com/2015/09/25/what-is-a-bio-swale/. (Accessed on July 13, 2022).

Bosomworth, K., Trundle, A. & McEvoy, D. (2013). Responding to the Urban Heat Island: A Policy and Institutional Analysis, final report. Australia, Victorian Centre for Climate Change Adaptation, p:16. Available at: http://www.vcccar.org.au/sites/default/files/publications/UHI%20policy%20and

%20insititutional%20analysis%20final%20report.pdf (Accessed on November 13, 2021).

Brix, H., et al. (2010). The flower and the butterfly constructed wetland system at Koh Phi Phi—System design and lessons learned during implementation and operation. Thailand, Ecological Engineering 37(5), pp:729–735. Available at: https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.06.035 (Accessed on May 10, 2022).

Bruzzone, D., Halle, M. & Parakatil, F. (2002). Wadi el Rayan Gateway to the Western Desert: Preface to the Atlas of the Wadi El Rayan Protected Area. Egypt, G. Mattravers, pp: 1-110. Available at: https://www.researchgate.net/publication/344849402_D_Bruzzone_M_Halle_and_FParakatil_Wadi_El_Rayan_Gateway_to_the_Western_Desert_Preface_to_the_Atlas_of_the_Wadi_El_Rayan_Protected_Area_G_Mattravers_Messana_Ed_Wadi_El_Rayan_Protected_Area_Italy's_Di (Accessed on Feb. 2, 2022).

Caldwell, J. (2014). Sustainable Parks and Why They Work. Available at: https://meetingoftheminds.org/sustainable-parks-work-10514 (Accessed on Jan. 14, 2022).

Chiesura, A. (2004). The Role of Urban Parks for the Sustainable City. Wageningen, The Netherlands. Landscape and Urban Planning 68(1): p129-138. Available at: https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.08.003 (Accessed on May 8, 2021).

Çiftçioğlu, G., et al. (2015). Towards Sustainable Landscape Development Indicators for North Cyprus. Ankara, Turkey. 2nd International Sustainable Buildings Symposium. European University of Lefke, Faculty of Architecture.

CNT. (2011). The Value of Green Infrastructure: A Guide to Recognizing Its Economic, Environmental and Social Benefits. Chicago, USA. Center for Neighborhood Technology. Available at: https://cnt.org/sites/default/files/publications/CNT_Value-of-Green-Infrastructure.pdf (Accessed on October 18, 2021).

ConservationTools.Org. (2022). Creating Sustainable Community Parks. Available at: https://conservationtools.org/guides/93-creating-sustainable-community-parks#heading_4 (Accessed on September 12, 2022).

Convention of Biological Diversity. (2021). Infrastructure: Public works for people and planet. USA, United Nations Environment Programme. Available at: https://www.cbd.int/article/infrastructure-public-works-for-people-and-planet (Accessed on July 1, 2021).

County, H. (2019). Five Steps for Creating a Rain Garden. Available at: https://www.hillsboroughcounty.org/en/newsroom/2018/04/10/a-rain-garden-is-an-attractive-way-to-improve-water-quality (Accessed on August 7, 2022).

CRWA. (2008). Permeable Pavement: Charles River Watershed Association Low Impact Management Practice (BMP) Information Sheet. Available at: https://www.crwa.org/uploads/1/2/6/7/126781580/crwa_permeable_pavement.pdf (Accessed on August 23, 2021).

DCCEEW. (2022). Criteria for identifying Wetlands of International Importance. Australia, Department of Climate Change, Energy, Environment, and Water. Available at: https://www.dcceew.gov.au/water/wetlands/ramsar/criteria-identifying-wetlands (Accessed on May 15, 2022).

Dempsey, C. (2014). GIS Data of the World's Wetlands. Available at: https://www.gislounge.com/gis-data-worlds-wetlands/ (Accessed on September 13, 2022).

Dickens, C. Dahir, L. (2019). Defining and Quantifying National-Level Targets, Indicators and Benchmarks for Management of Natural Resources to Achieve the Sustainable Development Goals. Sustainability 2019, 11(2), p. 462. Available at: https://doi.org/10.3390/su11020462 (Accessed on September 11, 2021).

Distasio, C. (2015). New initiative explores how green roofs can bring jobs and environmental benefits to Harlem. Retrieved from Inhabitat.com, available at

https://inhabitat.com/new-initiative-explores-how-green-roofs-can-bring-jobs-and-environmental-benefits-to-harlem/ (Accessed on July 2, 2021).

Dubey P. (2022). Empire State Building Goes Green. New Yourk, USA. Informed Infrastructure Magazine. Available at https://informedinfrastructure.com/73299/empire-state-building-goes-green/ (Accessed on April 27, 2022).

EEAA. (2000). Current Situation of Lands in Egypt. Cairo, Egyptian Environmental Affairs Agency, Ministry of Environment, Egypt. Available at: https://eeaa.gov.eg/portals/0/eeaaReports/SOE2005en/04-lands/lands.pdf (Accessed on August 8, 2022).

EEAA. (2022). Lakes. Retrieved from Ministry of Environment, Egyptian Environmental Affairs Agency (EEAA), available at: https://www.eeaa.gov.eg/en-us/topics/water/lakes.aspx (Accessed on Aug. 8, 2022).

ElMeligy, Aya. (2022). Environmental Impact of Constructed Wetland Parks towards achieving Sustainability, Case Study of Wetland Park, 10th Ramadan City, Egypt. Bernburg, Germany, unpublished MSc thesis, Hochschule Anhalt.

El-Quosy, D. (2008). Assessment impact of regular harvesting of Phragmites australis (Cav.) Trin. in free surface constructed wetland on wastewater quality improvement of Bahr Al-Baqar. South Valley, Egypt. 3rd International Scientific Conference for Environment, South Valley University, Egypt.

EPA. (1993). Constructed Wetlands for Wastewater Treatment and Wildlife Habitat: 17 Case Studies. Retrieved from U.S. Environmental Protection Agency, Washington. Available at: https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=200046W7.txt (Accessed on January 6, 2021).

EPA. (2006). Economic Benefits of Wetlands. Retrieved from U.S. Environmental Protection Agency, Washington. Available at:

https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=2000D2PF.txt (Accessed on May 1, 2021).

Estes, R. J. (2009(. Toward Sustainable Development: from theory to practice. Pennsylvania, USA. Social Development Issues 15(3). p.p:1-29.

Ezeah, C., Reyes, C.A.R. and Gutiérrez, J.F.C. (2015). Constructed Wetland Systems as a Methodology for the Treatment of Wastewater in Bucaramanga, Industrial Park. Colombia, Journal of Geoscience and Environment Protection, 3, p1-14. Available at: http://dx.doi.org/10.4236/gep.2015.33001 (Accessed on June 12, 2021).

Fahmy H., Khalifa E., and Rashed A.)2007). The Role of Wetlands in Water Management. Cairo, Egypt. National Water Research Center, pp: 1-19. Available at: https://www.researchgate.net/publication/285056112_The_Role_of_Wetlands_in_Water_Management_-_Egypt (Accessed on December 29, 2021).

Feisal, Z. & Haron, A. (2016). Multifunction Green Infrastructure: Towards Upgrading Urban Ecosystem in Cairo, Conference Paper. Cairo, Egypt, 7th ArchCairo Conference, pp:1-30. Available at: https://www.academia.edu/38143079/MULTIFUNCTION_GREEN_INFRASTRUCTURE_NEW_CAIRO_pdf (Accessed on May 1, 2020).

Feisal, Z. & Haron, A. (2016). Multifunction Green Infrastructure: Towards Upgrading Urban Ecosystem in Cairo, Conference Paper. Cairo, Egypt, 7th ArchCairo Conference, pp:6. Available at: https://www.academia.edu/38143079/Multifunction_Green_Infrastructure_New_Cairo_pdf (Accessed on May 1, 2020).

Foster J., Lowe A. & Winkelman S. (2011). The Value of Green Infrastructure for Urban Climate Adaptation. Washington, DC. The Center for Clean Air Policy (CCAP), p. 51. Available at: https://wrrc.arizona.edu/sites/wrrc.arizona.edu/files/Green_Infrastructure.pdf (Accessed on June 12, 2021).

Fulmer, J. (2009). What in the world is infrastructure. PEI Infrastructure Investor, guest article, p.30. Available at: https://30kwe1si3or29z2y020bgbet-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2018/03/what-in-the-world-is-infrastructure.pdf (Accessed on May 20, 2022).

Gaber, R. M. (2020). Implementation of Constructed Wetlands Landscape design: A Resilient Application. Cairo, Egypt. Faculty of Urban & Regional Planning, Cairo University, Journal of Urban Research, Vol. 36. pp: 10-20.

GANSW. (2015). Sydney Park Water Re-Use Project. Retrieved from Government Architect New South Walls (GANSW), Available at: https://www.governmentarchitect.nsw.gov.au/resources/case-studies/2017/11/sydney-park (Accessed on March 22, 2022).

Girardet, H. (2004). Cities people planet: Liveable cities for a sustainable world. United Kingdom. Wiley, John& Sons Ltd, p105.

Goher, M. E., Mahdy, E. M. & Elsherif, A. (2019). Water quality status and pollution indices of Wadi El-Rayan lakes, El-Fayoum, Egypt. Sustainable Water Resources Management 5(2):1-14. Available at: https://www.researchgate.net/publication/318756499_Water_quality_status_and_pollution_indices_of_Wadi_El-Rayan_lakes_El-Fayoum_Egypt (Accessed on Dec. 25, 2019).

Good Desin. (2019). Sydney Park Water Re-Use Project. Retrieved from good-design.org, available at: https://good-design.org/projects/sydney-park-water-re-use-project/ (Accessed on September 30, 2022).

Google Earth. (2022). Available at https://earth.google.com/web/search/sydney+wetland+park/@-33.9097384,151.1851752,21.12126452a,1843.9539934d,35y,143.12947931h,0t,0r/data=CnwaUhJMCiMweDZiMTJiMDRkMDMzZjIxZjc6MHgzOWNiMDE1NzViMjU5OBkzR_vEpvRAwCEDXmbY6OViQCoTc3lkbmV5IHdldGxhbmQgcGFyaxgBIAEiJgokCVwICg07_zNAEVsICg07_zPAGYmolyKinEJAIYoNqF1mCIDA (Accessed on September 22, 2022).

Google Earth. (2022). Available at: https://earth.google.com/web/@24.59212552,46.70640619,575.968484a,1485.50194303d,35y,88.65806922h,0t,0r (Accessed on September 22, 2022).

Google Earth. (2022). Available at: https://goo.gl/maps/GncMbqJyEs8LVhWX6 (Accessed on 16 Oct., 2022).

Groundwater Foundation. (2022). All about rain gardens. Retrieved from groundwater.org, available at: https://groundwater.org/rain-gardens/ (Accessed on August 7, 2022).

Hagerstown Maryland. (2022). Homeowner Participation; Disconnect your downspout. Availabe at Hagerstownmd.org; https://www.hagerstownmd.org/1221/Homeowner-Participation. (Accessed on July 1, 2022).

Hagerstown Maryland. (2022). Homeowner Participation; Harvest your rainwater. Availabe at Hagerstownmd.org; https://www.hagerstownmd.org/1221/Homeowner-Participation. (Accessed on July 1, 2022).

Haron, A. & Feisal, Z. (2019). Constructed Wetland Parks: A Pathway to Sustainability for Cairo. Egypt, Jouranal of Urban Research, Article 5, Volume 36, Issue 1, pp: 61-81.

Haron, A. (2020). Integration between Torrent Protection Gray Infrastructures with Constructed Wetland to Achieve Resilience in Ras Gharib. Cairo, Egypt. Journal of Urban Research, Vol. 36, Faculty of Urban & Regional Planning, Cairo University.

Hereher, M.E. (2015). Assessing the dynamics of El-Rayan lakes using remote sensing techniques. Egypt, Arab J Geosci 8(4), pp: 1931-1938.

Hoffmann, H., et al. (2011). Technology review of constructed wetlands - Subsurface flow constructed wetlands for greywater and domestic wastewater treatment. GmbH, Eschborn, Germany. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), pp:1-36. Available at:

https://www.susana.org/en/knowledge-hub/resources-and-publications/library/details/930# (Accessed on Jan. 14, 2022).

Holmes, D. (2019). Weiliu Wetland Park. Yifang Ecoscape, Xianyang, China. Retrieved from World Landscape Architecture, available at: https://worldlandscapearchitect.com/weiliu-wetland-park-xianyang-china-yifang-ecoscape/#.YqUaInZBzIU (Accessed on June 11, 2022).

Hudson, W.R., Haas, R.C., & Uddin, W. (1997). Infrastructure Management: Integrating Design, Construction, Maintenance, Rehabilitation and Renovation. New York, McGraw-Hill. p.15.

Hussein, M. (2018). Sustainable Regeneration Of Urban Green Areasin Egypt's Desert Cities adopting Green Infrastructure Strategies In New Borg El-Arab City. HafenCity University, Hamburg, Germany. Available at: https://www.researchgate.net/publication/346603106_Sustainable_Regeneration_of_Urban_Green_Areas_in_Egypt's_Desert_Cities. (Accessed on July 15, 2019)

International Labor Organization. (1999). Community Infrastructure In Urban Areas Creating Jobs While Improving Low-Income Settlements. Regional Office For Asia And The Pacific. Available at https://Www.Ilo.Org/Wcmsp5/Groups/Public/@Asia/@Ro-Bangkok/Documents/Genericdocument/Wcms_099553.Pdf (Accessed on Nov. 27, 2021)

Jeffrey D., Kroll, C., et al (2021). Sustainable Development Report 2021: The Decade of Action for the SDGs. Cambridge, United Kingdom. Cambridge University Press, University Printing House, pp: 11-21. doi.org/10.1017/9781009106559. Available at: https://s3.amazonaws.com/sustainabledevelopment.report/2021/2021-sustainable-development-report.pdf (Accessed on November 20, 2021).

Kadlec, R. H. & Knight, R. L. (1996). Treatment Wetlands. New York, USA. CRC Lewis Publisher. Second Edition, p3. Available at: https://doi.org/10.1201/9781420012514. (Accessed on Jan. 12, 2019).

Kaseva, M. E. (2004). Performance of a Subsurface Flow Constructed Wetland in Polishing Pre-Treated Wastewater – a Tropical Case Study. Water Research, Elsevier publishers, Vol. 38, pp. 681-687. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14723937/ (Accessed on Jan. 12, 2019).

Keller, E. A. (2011). Environmental Geology. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education, Inc. 9th Edition, pp: 2-12.

Kuo, F., Sullivan, W. (2001). Environment and Crime in the Inner City: Does Vegetation Reduce Crime. Washington DC. Environmental Design Research Association (EDRA), Volume: 33 issue: 3, pp: 343-367. Available at https://doi.org/10.1177/0013916501333002. (Accessed on August 20, 2019).

Landscape Architecture Foundation. (2015). Wadi Hanifah Comprehensive Development Plan. Available at: https://www.landscapeperformance.org/case-study-briefs/wadi-hanifah (Accessed on July 2, 2022).

Landscape Performance Series. (2012). Sydney Park Water Re-use Project. Available at: https://www.landscapeperformance.org/case-study-briefs/sydney-park-water-re-use-project#/challenge-solution (accessed on September 30, 2022).

Landscape Performance Series. (2012). Sydney Park Water Re-use Project. Available at: https://www.landscapeperformance.org/case-study-briefs/sydney-park-water-re-use-project#/challenge-solution (accessed on September 30, 2022).

Landscape Performance Series. (2015). Riyadh Bioremediation Facility. Retrieved from landscapeperformance.org, available at: https://www.landscapeperformance.org/case-study-briefs/riyadh-bioremediation-facility#/overview (Accessed on 9 September 9, 2022).

Landscape Performance Series. (2021). Sydney Park Water Re-use Project. Available at: https://www.landscapeperformance.org/case-study-briefs/sydney-park-water-re-use-project#/challenge-solution (Accessed on September 30, 2022).

Landscape. (2018). Sydney Park Water Re-Use Project: Transforming urban landscapes through water harvesting. Available at https://landscape.coac.net/zh-hans/node/21 (Accessed on September 30, 2022).

Lennep, E.& Finn, S. (2008). Green Roof Policy Guidance Paper For Dublin Draft Guidelines. Tepui, Dublin. Available at: https://www.academia.edu/5036428/Green_Roofs_Over_Dublin_A_GREEN_ROOF_POLICY_GUIDANCE_PAPER_FOR_DUBLIN_Draft_guidelines_for_DCC_to_develop_planning_directives_for_the_incorporation_of_Green_Roofs_in_new_development (Accessed on January 11, 2022).

Luan, Bo. & Wang, Xin. (2017). Collaborative Design of Site-scale Green Infrastructure: A Case Study on the Ecological Restoration Design of Weiliu Wetland Park in Xianyang. China, Landscape Architecture Frontiers, vol. 5. PP. 26-43.

Mansour, A. & Sidky, M. (2003). The first comparative study between Lake Qarun and Wadi El-Rayan wetland (Egypt), with respect to contamination of their major components.). Ecotoxicological Studies 6, Food Chemistry 82, pp. 181-189.

McIntosh, A. (2010). Green Roofs in Seattle, a survey of vegetated roofs and rooftop gardens. Washington DC, The University of Washington. Available at: https://www.seattle.gov/Documents/Departments/OSE/Green-Roofs-In-Seattle.pdf (Accessed on Jan. 22, 2022).

Medwet. (2009). About Wetlands. Retrieved from Medwet; The Mediterranean Wetland Initiative. Available at: https://medwet.org/aboutwetland (Accessed on October 30, 2021).

Medwet. (2020). The Ramsar Convention. Retrieved from Medwet; The Mediterranean Wetland Initiative. Available at: https://medwet.org/aboutwetlands/ramsarconvention/ (Accessed on November 3, 2021).

Mehta, Pooja. (2014). Meaning, Types and Development of Economic Infrastructure in India. Available at: https://www.economicsdiscussion.net/economics-2/meaning-types-and-development-of-economic-infrastructure-in-india/2207 (Accessed on June 10, 2020)

Mission Guidelines. (2015). Smart City Mission Statement and Guidelines | Smartnet. Available at: https://smartnet.niua.org/content/2dae72ca-e25b-4575-8302-93e8f93b6bf6 (Accessed on September 5, 2020)

Mitsch, W. J. & Gosselink J. G. (2000). Wetlands. New York, John Wiley & Sons, 3Th Edition. Available at: https://doi.org/10.1002/rrr.637 (Accessed on July 3, 2021).

Mooool. (2019). Water Falls by STUDIO TCS. Available at: https://mooool.com/en/water-falls-by-studio-tcs.html (Accessed on Oct. 6, 2022).

Moshiri, G.A. (1993). Constructed Wetlands for Water Quality Improvement. Boca Raton, FL, USA. Lewis Publishers, First Edition, pp. 59-68.

Moubarak, Lobna. (2022). Sustainable International Parks in Egypt: Suggested Criteria for Design. Cairo, Egypt. Faculty of Urban & Regional Planning, Cairo University, Journal of Urban Research, Vol. 44. pp: 82-102.

NACTO. (2013). Bioswales. Retrieved from National Association of City Transportation Officials (NACTO), available at https://nacto.org/publication/urban-street-design-guide/street-design-elements/stormwater-management/bioswales/ (Accessed on May 15, 2020).

New Urban Communities Authority. (2022). 10th of Ramadan City. Retrieved March 28, 2022, from Newcities.gov.eg, available at: http://www.newcities.gov.eg/know_cities/Tenth_Ramadan/default.aspx

NPRA. (2017). Park and Recreation Sustainability Practics: Summary of Results from an NRPA Survey. USA. National Recreation and Park Association, pp: 1-17. Available at: https://www.nrpa.org/contentassets/f768428a39aa4035ae55b2aaff372617/sustainability-survey-report.pdf (Accessed on September 12, 2022)

NYC Parks. (2021). Sustainable Parks. Retrieved from Nycgovparks.org, available at: https://www.nycgovparks.org/greening/sustainable-parks (Accessed on March 21, 2022).

Oxfordlearnersdictionaries. (2021). Infrastructure Definition, Oxford Advanced Learner's Dictionary. Available at https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/infrastructure?q=infrastructure (Accessed on Jan. 10, 2021)

Pevzner, A. (2013). Living Architecture Green Roofs for Public Buildings; A Strategy for Smarter Roofing Decisions. Available at: https://sftool.gov/Content/attachments/Living_Architecture_Green_Roofs_for_Public_Buildings.pdf (Accessed on May 5, 2021).

Philly Water Sheds. (2020). Stormwater Planter. Available at: http://archive.phillywatersheds.org/what_were_doing/green_infrastructure/tools/stormwater-planter (Accessed on July 13, 2021).

Rain Garden Alliance. (2022). What is a Rain Garden?. Available at: http://raingardenalliance.org/what (Accessed on August 7, 2022).

Ramsar. (2012). Information Sheet on Ramsar Wetlands to designate of Wadi El Rayan and Qarun lakes as new Ramsar sites, Convention on Wetlands of International Importance (Ramsar Convention). Available at: https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/EG2041RIS.pdf (Accessed Aug. 9, 2022).

Rashed, A. & El Quosy, D. (2000). Environmental Protection of Lake Manzala, Egypt. Available at: https://www.researchgate.net/publication/306292650_Environmental_Protection_Of_Lake_Manzala_Egypt_And_Reuse_Of_Treated_Water_By_A_Constructed_Wetland/stats (Accessed on Nov. 29, 2021).

Rashed, A. (2005). Constructed Free Surface Wetlands for Drainage Water Treatment – A Case Study in Egypt, ElMansoura. Unpublished Ph.D., Faculty of Engineering Mansoura University.

Register J. & Alfasi N. (2006). Eco cities: Building Cities in Balance with Nature. Gabriola Island, canada. New Society Publishers, p.p. 1-373. ISBN: 9780865715523, 0865715521

Röbbel, N. (2012). Green Spaces: An Invaluable Resource for Delivering Sustainable Urban Health. USA, United Nations (UN) Chronicle, available at: https://www.un.org/en/chronicle/article/green-spaces-invaluable-resource-delivering-sustainable-urban-health (Accessed on September 18, 2022).

Royal Commission for Riyadh City. (2020). Environmental Rehabilitation Program for Wadi Hanifa and its Tributaries. Available at: https://www.rcrc.gov.sa/ar/projects/wadi-hanifah (Accessed on March 30, 2021).

Russi D., et al. (2013). The Economics of Ecosystems and Biodiversity for Water and Wetlands. London and Brussels. The Institute for European Environmental Policy (IEEP). pp: 1-84. Available at: https://www.cbd.int/financial/values/g-ecowaterwetlands-teeb.pdf. (Accessed on Nov. 29, 2021).

Sarte, S. B. (2010). Sustainable Infrastructure: The Guide to Green Engineering and Design. New Jersy, USA. John Wiley & Sons, Inc. p. 28. Available at: https://www.wiley.com/en-us/Sustainable+Infrastructure:+The+Guide+to+Green+Engineering+and+Design-p-9780470453612 (Accessed on Jan. 10, 2022).

Simpson, J.R. & McPherson, E.G. (2007). San Francisco Bay Area State of the Urban Forest: Final Report. Davis, USA. Center for Urban Forest Research, USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station, pp:10-15. Available At: https://www.fs.usda.gov/psw/topics/urban_forestry/products/2/psw_cufr719_SFBay.pdf (Accessed on May 12, 2021).

SSWM. (2018). Free-Water Surface Constructed Wetland. Retrieved from Sustainable Sanitation and Water Management (SSWM), available at: https://sswm.info/ar/node/9635 (Accessed on May 12, 2022).

Stater, D. (2008). Green Roofs: Sustainability From The Top Down. New York City, USA. Rockefeller Center, p. 20. Available at: https://humanecology.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnsk161/files/inline-files/DStater.pdf (Accessed on August 20, 2021).

Sullivan, A. & Steven, M. Schifrin (2003). Economics: Principles in action. New Jersey, Pearson Prentice Hall. (pp:1-592).

Suzuki, H. & Moffatt, S. (2010). ECO2 CITIES: Ecological Cities as Economic Cities. Washington, DC. P.134. World Bank Publications,. Available at: https://www.academia.edu/25623668/Eco_2_Cities_Ecological_Cities_as_Economic_Cities (Accessed on September 5, 2022).

Taekyu KIM & Seung-Hyun KIM. (2014). Green Infrastructure for Sound Urban Hydrological Cycle. Kawasaki, Japan. International Workshop on Eco-city and Biodiversity. Available at: https://www.nies.go.jp/kokusai/tpm/tpm11/download/part2/p2_s1_03.pdf (Accessed on March 15, 2020).

Tchobanoglous, G., Stensel, H.D. & Burton, F.L. (2005). Wastewater Engineering Treatment and Reuse. India, Metcalf & Eddy Inc. (Fourth Edition), pp: 1-24. Available at: https://www.academia.edu/en/36512973/Wastewater_Engineering_Treatment_and_Reuse_Fourth_Edition (Accessed on November 5, 2021).

Townshend, D. & Duggie, A. (2007). Study on Green Roof Application in Hong Kong, Final Report. Hong Kong Government. Architectural Services Department. Urbis Limited, pp:9-19. Available at https://www.researchgate.net/publication/258332717_Study_on_Green_Roof_Application_in_Hong_Kong (Accessed on June 2, 2021).

Trottier, J., et al. (2015). Wadi Hanifah Comprehensive Development Plan: Methods Document. Landscape Performance Series, Case Study Brief. Available at: https://www.landscapeperformance.org/sites/default/files/Wadi%20Hanifah%20Methods_0.pdf (Accessed on September 15, 2022).

U.S. Department of Agriculture (USDA). (2002). Constructed Wetlands. Washington DC, USA. Environmental Engineering National Engineering Handbook, Part 637, Chapter 3, pp: 1-74. Available at: https://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=25905.wba (Accessed on Jan. 12, 2019).

UN. (2015). Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. United Nations. Available at: https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf (Accessed on September 10, 2022)

UNDP. (2021). Sustainable Development Goals in Actions. United Nations Development Program. Available at: https://www.undp.org/arab-states/sustainable-development-goals (Accessed on Sepetember 11, 2022).

University of Delware. (2019). Civil Infrastructure | Civil and Environmental Engineering. Available at: https://www.ce.udel.edu/research/research-overview/civil-infrastructure (Accessed on June 6, 2020).

Urban Water. (2022). Constructed wetlands are assets with many benefits. City of Melbourne Urban Water. Available at Vic.gov.au:

https://urbanwater.melbourne.vic.gov.au/industry/treatment-types/constructed-wetlands/ (Accessed on July 1, 2022).

Valdimir, S. et al. (2020). Water availability, infrastructure and ecosystems. USA. United Nations University Institute for Water, Environment and Health, pp: 54-67. Available at: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373062_ara (Accessed on Jan. 20, 2022).

Water Fanack (2018). Water Infrastructure in Egypt. Available at: https://water.fanack.com/ar/egypt/water-infrastructure/ (Accessed on June 10, 2020).

Yifang Ecoscape. (2017). Weiliu Wetland Park. Landscape Architecture Platform | Landezine. Retrieved from Landezine.com, available at: http://landezine.com/index.php/2019/01/weiliu-wetland-park-by-yifang-ecoscape/ (Accessed on January 7, 2021).

Young, M. (2020). A Giant Heart Tribute Carved into Bryant Park Lawn - Untapped New York. Available at: https://untappedcities.com/2020/04/21/a-giant-heart-tribute-carved-into-bryant-park-lawn (Accessed on June 24, 2022).

Benha University

Faculty of Engineering – Shoubra

Architectural Department

Constructed wetlands as a tool to contribute in achieving sustainability in" "the Egyptian cities"

A Thesis

Submitted in Partial Fulfillment

For the requirement of the Masters' Degree of Science in Architectural Design

Edited By

Eng. Omneya Ahmed Mohamed Elassal

Supervisory Committee

Prof. Dr. Sadek Ahmed Sadek

Professor of Architecture and Urban Design, Faculty of Engineering at Shoubra – Benha University

Prof. Dr. Ahmed Osama Haroun

Assistant Professor of Architectural Engineering, Faculty of Engineering, Cairo .Higher Institute of Engineering

Cairo – Egypt

2023

BENHA UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING, SHOUBRA
ARCHITECTURAL DEPARTMENT

Approval Sheet

"Constructed wetlands as a tool to contribute in achieving sustainability in the Egyptian cities"

Edited By
Eng. Omneya Ahmed Mohamed El Assal

A Thesis
submitted in partial fulfillment
for the requirement of the master's degree of science in architectural design

Examining Committee:

Signature

Prof. Dr. Omar Mohamed El Husseiny
Professor of Architectural Engineering,
Faculty of Engineering, Ain Shams University. .....

Prof. Dr. Sadek Ahmed Sadek
Professor of Architecture and Urban Development,
Faculty of Engineering, Shoubra, Benha University. .....

Prof. Dr. Khaled Ali Abd El Hady
Professor of Architectural Engineering,
Faculty of Engineering, Shoubra, Benha University. .....K. Abdelhady.....

Prof. Dr. Ahmed Osama Haroun
Assistant Professor of Architectural Engineering,
Faculty of Engineering, Cairo Higher Institute of Engineering. .....

Faculty of Engineering – Benha University
Cairo – Egypt
٢٠٢٣

:Abstract

The cities in Egypt face multiple challenges that affect various aspects of urban life, including cultural, social, economic, and environmental factors. Limited water resources, population growth, lack of green spaces, and high air and water pollution are some of the significant challenges that persistently impact life in Egyptian cities. The Nile River's water levels are decreasing, which could lead to .water scarcity in the country

Therefore, unconventional solutions, such as recycling water, must be implemented to compensate for this shortage. Constructed wetlands, which are artificial imitations of natural wetlands, are considered one of the most effective natural ecosystems for water treatment. They offer multiple benefits, including improved water and air quality, increased biodiversity and habitats, and low-cost .and easy operation

The thesis aims to identify the significance and design criteria for constructed wetland gardens in Egypt, using international experiences in establishing constructed wetland gardens. A set of influencing indicators will be used to evaluate constructed wetland parks in terms of their contribution to achieving sustainability. The proposed indicators will be compared and evaluated based on ,their relevance to three global experiences with varying climatic conditions. Finally the thesis will present a case study of the wetland park built on the 10 th of Ramadan city, which is the first wetland park in Egypt, and evaluate it using the .proposed indicators