مدى ملاءمة المرافق اللامركزية للتطبيق في المدن الجديدة
(منطقة الامتداد الشمالي بمدينة السادس من أكتوبر نموذجا)

أ.د. محمد عصمت العطار
أستاذ العمارة بجامعة المنصورة والجامعة البريطانية بمصر
dr.melattar@gmail.com

م. هالة محمد رسلان
مهندسة بالإدارة العامة للتخطيط العمراني بمحافظة الغربية
hala_raslan@yahoo.com

ملخص البحث:

تشكل مرافق البنية التحتية تحدياً كبيراً للحكومات العربية نظراً لارتفاع تكلفة تمديدها وغلاء تكاليف الصيانة والإحلال، خاصة مع الارتفاع المستمر في أسعار الطاقة ومع ازدياد متطلبات العمران ونشأة المدن الجديدة مما يتطلب مدّ هذه المرافق إلى مسافات أطول ومساحات أكبر. بالإضافة إلى ارتفاع سقف طموحات الشعوب في مرافق لائقة وبنية تحتية ملائمة فإن العبء قد زاد على الحكومات لتلبية هذه الطموحات، وقد فاقم من المشكلة تزايد وتيرة الأعمال التخريبية في بعض البلدان العربية والتي استهدفت خطوط البنية التحتية المركزية لإحداث أكبر تخريب ممكن.

في ظل كل هذه العوامل، تبرز تقنيات المرافق اللامركزية كحل ملائم للمدن الجديدة حيث أنها أقل كلفة وأسهل في التركيب ومحدودة الأثر حين تعرضها للتخريب، كما أن هذه المرافق أكثر استدامة وأقل ضررا للبيئة وأقل وطأة على المناخ، ومن مزاياها أنها تضع المسؤولية على عاتق المواطن العربي وتعظم إحساسه بالمسؤولية والمشاركة حيث أن تركيب وتشغيل هذه المرافق مسؤولية السكان لا الدولة وتقتصر مهام الدولة في توفير التقنيات بالسوق المحلي ومراقبة تركيب وتشغيل السكان لها والتقييم المستمر لأثرها البيئي لحماية الموارد من التلوث.

وتناقش الورقة البحثية هذه التقنيات ومدى ملاءمتها للتشغيل ، مع دراسة منطقة الامتداد الشمالي لمدينة السادس من أكتوبر في مصر كنموذج للمدن الجديدة ورؤية مدى ملاءمة هذه المرافق للتركيب في المناطق غير المخدومة من هذه المدينة، من حيث الطبوغرافية والمناخ والتربة والتعليم والاقتصاد وثقافة السكان إلخ، ثم اختيار أفضل التقنيات اللامركزية لتطبيقها في هذا النموذج وتقييم أثره البيئي على المدينة والمنطقة ككل.

الكلمات الدالة: المرافق اللامركزية – المدن الجديدة – السادس من أكتوبر – الاستدامة – البنية التحتية – مصر

المقدمة: المرافق اللامركزية هي التي لا تعتمد على توصيل الخدمة من مكان ما إلى المنزل ولكنها تعتمد على تقنيات يتم تطبيقها داخل موقع المنزل لتوفير الخدمات الأساسية من مياه وصرف وكهرباء وغاز، ظهرت العديد من التقنيات لتطبيق المرافق اللامركزية وتم اعتماد العديد منها من قبل وكالة حماية البيئة الأمريكية EPA مما يسّر

انتشارها على نطاق واسع داخل الولايات المتحدة كما بالشكل (١) ، تشجع مؤسسات البلدية الأمريكية المواطنين على تركيب هذه المرافق وتقوم بترخيصها ومراقبة تشغيلها لضمان توافقها مع الشروط البيئية لوكالة EPA والتي تضمن عدم تلوث البيئة أو الموارد بسبب هذه المرافق .

شكل (١):.نسبة الوحدات السكنية المعتمدة على الصرف الصحي اللامركزي في الولايات المتحدةعام ٢٠٠٢ [١]

ليست كل التقنيات الحديثة لمرافق البنية التحتية قابلة للتطبيق في مصر نظرا لظروف المناخ والتربة والعادات ، لذا تتناول هذه الدراسة نموذجا مقترحا يمكنه ملاءمة المدن الجديدة في مصر عامة ومنطقة الدراسة خاصة ، تهدف هذه الدراسة إلى وضع نواة للامركزية المرافق والبنية التحتية في المدن الجديدة في مصر وذلك لتيسير الامتداد العمراني المطلوب في الصحراء المصرية والخروج من الوادي القديم.

(١) خصائص منطقة الدراسة : تقع مدينة ٦ أكتوبر عند تقاطع خط عرض ٣٠ شمالاً وخط طول ٣٠.٤٥ شرقاً وعلى مسافة ٤٠ كم من قلب القاهرة على هضبة يتراوح ارتفاعها بين ٩٠ : ٢٦٠ فوق سطح البحر ، تقع منطقة امتداد التوسعات الشمالية في الشمال الغربي للمدينة كما هو موضح بالشكل (٢) وتشغل مساحة٤٠٠٠ فدان، تحد منطقة الدراسة من الشرق مدينة الشيخ زايد ومن الشمال الحزام الأخضر لمدينة أكتوبر ومن الجنوب منطقة التوسعات الشمالية ومن الغرب المنطقة الصناعية[٢] .

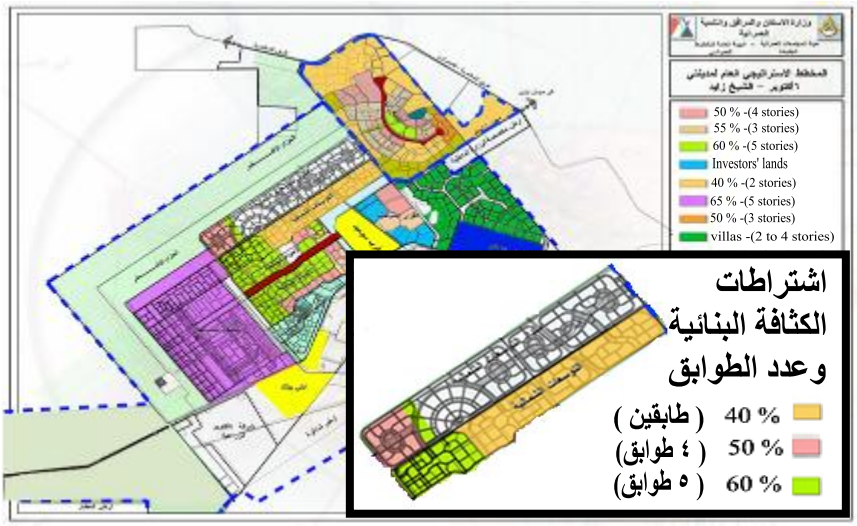
شكل (٢): موقع مدينة ٦أكتوبر ومنطقة الدراسة [٣]

تم وضع مخططات التنمية لمنطقة الدراسة في منتصف التسعينات حيث تضمن المقترح تخصيص استخدامها للإسكان الفاخر السياحي بنسبة ٣٥.٨% وفوق المتوسط بنسبة ٦٤.١٥% ودون إسكان إقتصادي **[٤]** ، ثم تم بعدها تعديل الاستخدام ليخصص الجزء شمال غرب المنطقة للإسكان القومي بدلا من المتوسط و فوق المتوسط كما هو موضح بالشكل (٣)، ورغم مرور عدة سنوات على مخططات التنمية إلا أن معظمها لم ينفذ لعدم وصول شبكة البنية التحتية لمعظم أجزاء المنطقة، والشكل (٤) يوضح الصورة الفضائية للوضع الراهن للبناء في منطقة الدراسة **[٥]**.

شكل (٣): مستويات الإسكان المقررة في منطقة الدراسة حسب المخطط الاستراتيجي للمدينة[٢]

شكل (٤) : الصورة الفضائية لمنطقة الدراسة وتوضح عدم تنفيذ مشروعات الإسكان المقررة إلى الآن[٥]

أما بالنسبة لاشتراطات البناء في منطقة الدراسة فقد وضع المخطط الاستراتيجي للمدينة حدا للكثافة البنائية للمنطقة على أن لا تجاوز ٥٠ % وذلك في الجزء الغربي منها، ولا يزيد عدد الطوابق عن أربعة كإسكان اقتصادي، ولا توجد اشتراطات بخصوص باقي المنطقة كما بالشكل (٥).



شكل (٥) اشتراطات الكثافة البنائية وعدد الطوابق المسموح بها في منطقة الدراسة وفقا لمعطيات المخطط الاستراتيجي العام لمدينتي أكتوبر والشيخ زايد [٢]

أما بالنسبة للأنماط البنائية السائدة في المدينة فالشكل(٦) يوضح نماذج لمستويات الإسكان المختلفة حسب التوصيف السابق (اقتصادي – متوسط – فاخر) وذلك في أحياء أخرى بمدينة السادس من أكتوبر مقاربة لمنطقة الدراسة.

شكل (٦) نماذج لمستويات الإسكان في مدينة السادس من أكتوبر: من اليسار لليمين: (اقتصادي– متوسط – فاخر)

(١- ١) مرافق البنية التحتية في منطقة الدراسة : تواجه مخططات مد شبكات البنية التحتية المركزية لمنطقة الدراسة عدة صعوبات اقتصادية وفنية وتشغيلية أهمها:

- عدم كفاية الشبكات القائمة المغذية للمدينة ككل، وذلك لحدوث العديد من التعديلات التخطيطية لاستعمالات الأراضي والكثافات المقررة نظرا للتطور العمراني المستمر بالمدينة وتغير صانعي القرار مما ترتب عليه وجود اختلاف كبير في طبيعة المدينة عما تم إدراجه في الدراسات التصميمية الأصلية لها، فعلى سبيل المثال فإن الاحتياج المائي التصميمي للمدينة يساوي ٢٢٩,٠٠٠ م٣/ اليوم شاملا الرى والانشاءات الجديدة والمناطق الصناعية في حين وصل الاستهلاك الفعلي في٢٠١٠ إلى ٥٠٠,٠٠٠ م٣/ اليوم بما يزيد عن ضعف القدرة التصميمية مما نتج معه انقطاع موسمي لمياه الشرب في بعض المناطق خاصة في فصل الصيف[٢].
- ضعف كفاءة محطات المعالجة الخادمة للمدينة ككل نتيجة عدم فصل الصرف الصناعى عن الصرف الآدمى للمدينة مما يجعل تحميل مناطق جديدة عليها كمنطقة الدراسة عبئاً مضافاً.
- تباين مناسيب الكنتور في المدينة عامة ولمنطقة الدراسة خاصة مما يستلزم تقسيم شبكات التغذية والصرف إلى عدة مناطق ضغط واستعمال المزيد من الطاقة الكهربية لرفع المياه عكس اتجاه الجاذبية ما يزيد كلفة التركيب والتشغيل.
- عدم وصول الإشغال في المناطق المخدومة القائمة أصلا إلى النسبة الاقتصادية بحيث يمكن تعويض نفقات التركيب والتشغيل عبر عدد كبير من المشتركين، وهذه نقطة ضعف عامة في كل المدن الجديدة بمصر حيث الإشغال قد يستغرق عقودا ليصل إلى المستوى الاقتصادي المطلوب لتغطية نفقات البنية التحتية من تركيب وتشغيل وصيانة.

لذا تم اقتراح المرافق اللامركزية كبديل اقتصادي مستدام لسد العجز في البينة التحتية في منطقة الدراسة وكافة المدن الجديدة التي لا يسهل مد شبكات مركزية إليها.

وفقا لدراسات المخطط الاستراتيجي لمدينة أكتوبر فإن منطقة الدراسة لا تزال غير متمتعة بشبكة المياه أو الري أو الكهرباء لكن خطوط الشبكات تقف ملامسة لحدودها في بعض المناطق كما بالشكل (٧) ، ولم يتيسر الحصول على مخطط لشبكة الصرف للمدينة .

شكل(٧) شبكة البنية التحتية في مدينة أكتوبر ومنطقة الدراسة : (أ) شبكة الماء العكر والتي تأخذ من جزيرة الدهب شرقا (ب) خريطة تغطية مرفق الكهرباء لأجزاء المدينة المختلفة في سنة إعداد المخطط الاستراتيجي للمدينة (ج) منطقة ضغط رقم ٢ لشبكة التغذية والتي تغطي الجزء الجنوبي الغربي من منطقة الدراسة [٢].

(١- ٢) احتياجات مياه الشرب في منطقة الدراسة : ورد في دراسات المخطط الاستراتيجي العام للمدينة أن معدل الاستهلاك المائي الفعلي لمياه الشرب لسكان مدينة أكتوبر يساوي ٢٥٠ لتر/الفرد/ اليوم لكن هذا التقدير شمل استعمالات المنطقة الصناعية بالمدينة ، لذا سيتم تقدير الاحتياجات المائية لمياه الشرب طبقا لمعدل الاستهلاك المائي العالمي ١٢٠ لتر/الفرد/ اليوم **[٦]**، وتقدّر نسبة مياه الشرب والطهي بـ ٣.٢ لترا والباقي للاستعمالات المنزلية الأخرى كما بالشكل(٨).

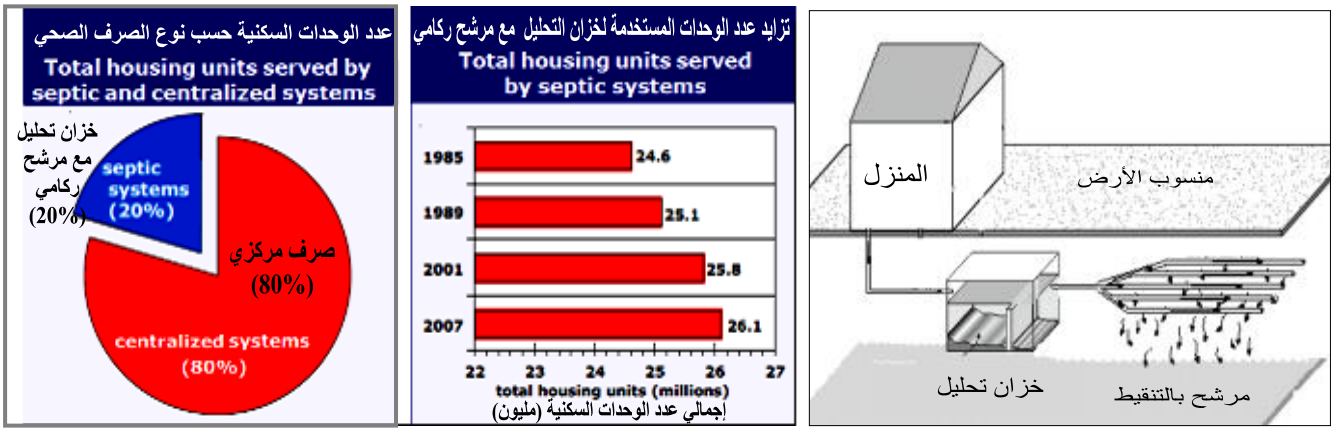
شكل (٨) : مفردات استهلاك المياه المنزلية للفرد/ اليوم حسب المعدلات العالمية [٧]

(١- ٣) احتياجات مياه الري في منطقة الدراسة : تم تقديرالاحتياجات المائية للري بمنطقة الدراسة وفقا للكود المصري لتصميم شبكات الري حيث أن المقنن المائي للري = ٢٠م٣/فدان/يوم (يوازي ٤,٧٦ لتر/ م٢/اليوم)، ويتم حساب مساحة الريّ على أساس ٢٥% من المساحة الكلية للموقع[٨] ، فيكون المنزل المبني على مساحة ٢٠٠ متر مثلا بحاجة لمياه ري قدرها ٤,٧٦ لتر × ٢٠٠ م٢ × ٠,٢٥ = ٢٣٨ لتر يوميا .

(١- ٤) احتياجات الطاقة في منطقة الدراسة: تم تقدير الاحتياج الشهري من الكهرباء المنزلية في منطقة الدراسة بحوالي ١٠٣٣ كيلووات.ساعة بناء على بيانات الوكالة الدولية للطاقة EIA عن نصيب الفرد من استهلاك الطاقة في مصر للعام ٢٠١٤ وبافتراض حجم الأسرة ٤ أفراد[٩]، أما احتياج غاز الطهي فيتراوح استهلاك الأسرة المصرية من الغاز الطبيعي بين ٤ – ٦ أمتار مكعبة شهريا [١٠]، وتختلف معدلات استهلاك الطاقة من كهرباء وغاز حسب فصول العام وعادات الأفراد وأنواع الأجهزة المنزلية الموجودة وحسب طريقة تسخين كل من مياه الشرب ومياه الاستحمام في المنزل .

(٢) المرافق اللامركزية المقترحة لمنطقة الدراسة : فيما يلي تقنيات ومكونات النموذج المقترح لمنطقة الدراسة:

(٢-١) الصرف اللامركزي : يعتبر أكثر النماذج شيوعا لمعالجة مياه الصرف لامركزيا في الولايات المتحدة هو ما يعرف بنموذج خزان التحليل المرفق بمرشح سطحيٍ أو ما يعرف بالـ Septic System، حيث يتم توجيه مياه الصرف الصحي(المختلط) من المنزل إلى خزان تحليل لتتم معالجتها معالجة أولية عبر الترسيب والفلترة والتخمر اللاهوائي ، ثم تمر المياه المعالجة نحو مجموعة أنابيب مثقوبة بحيث تتسرب بالتنقيط عبر طبقات التربة لتقوم البكتيريا في التربة بمعالجتها بيولوجيا قبل وصولها لمنسوب المياه الجوفية كما بالشكل(٢)، يعتبر هذا النظام شائعا للغاية في الولايات المتحدة فمن كل خمسة منازل يوجد منزل يطبق هذه المنظومة والعدد يزداد سنويا ما يدل على حسن أدائه، ولكن نظرا لعدم صرامة الشروط البيئية في مصر مقارنة بالولايات المتحدة فإن مثل هذا النظام لا يناسب التطبيق في مصر إلا في حال صرف الماء(الرمادي) فقط على هذه المنظومة وليس الماء المختلط، وذلك حفاظا على نقاء المياه الجوفية وحمايتها من التلوث.



شكل(٩):رسم توضيحي لمنظومة ال Septic System(يمين)ونسبة شيوعه في الولايات المتحدة(وسط ويسار) [١١]

(٢-١-١) فصل ماء الصرف: تنقسم مياه الصرف المنزلي إلى نوعين أساسيين : الصرف الأسود Blackwater وهو المتصل بالمرحاض، والصرف الرمادي Greywater وهو المتصل بالمغاسل والأحواض، تتسم مياه الصرف الأسود بغناها بالمواد العضوية والعناصر الثقيلة وقابليتها للتحلل والتخمر فتحتاج أساساً لمعالجة بيولوجية لقتل البكتيريا ونزع العناصر الثقيلة كالزنك والرصاص والكادميوم لتكون المياه آمنة للتخلص منها- أما مياه الصرف الرمادي فتتسم بأنها غير عضوية وغير قابلة للتحلل وبها مواد كيميائية كالمنظفات والأجسام الصلبة، فتحتاج أساساً لمعالجة فيزيائية بإمرارها عبر مراحل ترسيب وفلترة قبل التخلص الآمن. يعتبر الماء الرمادي آمناً لإعادة الاستخدام لخلوه من الملوثات الثقيلة ويكفي معه المعالجة الأولية فقط على عكس الماء الأسود الذي يحتاج معالجة إضافية .إذا تيسر معالجة كل من الصرف الرمادي والأسود منفصلين فإن المعالجة تكون أسهل وأقل كلفة لأن الماء الرمادي لا يحتاج لكل المراحل التي يحتاجها الماء الأسود كما أنه إذا اختلط به صار من الضروري إمراره بكل المراحل التي يمر بها الصرف الأسود مما يزيد تكلفة المعالجة لأن الماء الرمادي يشكل ٦٦% من إجمالي ماء الصرف المنزلي، تعتبر نقطة الضعف الأساسية في المرافق المركزية أنها لا تستطيع الفصل بين الماء الأسود والرمادي لأن ذلك يعني تسيير خطين متوازيين نحو محطات المعالجة مما يزيد كلفة الشبكة بمقدار الضعف خاصة أن المسار قد يمتد لعشرات الكيلومترات ، أما المعالجة اللامركزية فيسهل فيها فصل المسارين لأن المعالجة تتم بالموقع [١٢].

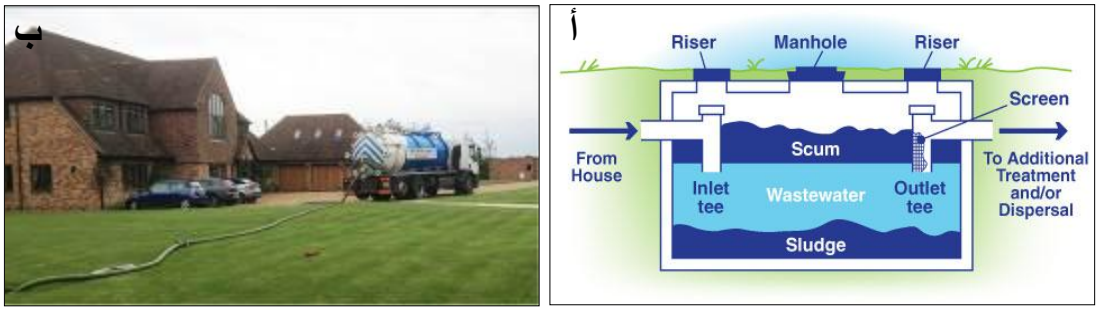
(٢-١-٢) منظومة الفصل المقترحة لمنطقة الدراسة: تعتمد المنظومة المقترحة على فصل مسار الماء الأسود عن الرمادي في المبني، حيث يوجه الماء الرمادي نحو خزان تحليل Septic Tank ويوجه الماء الاسود لهاضم حيوي Digester.

(٢-١-٢-أ) مسار الماء الرمادي : يصب الماء الرمادي في خزان التحليل Septic Tank وهو عبارة عن خزان أرضي به غرفة أو أكثر حيث تقوم الحواجز الرأسية بحجز وترسيب العوالق الصلبة في قاع الخزان وحجز المواد الزيتية والرغوية الطافية في أعلاه، تقوم البكتيريا في مياه الصرف بعمل تخمر لا هوائي للرواسب في قاع الخزان فيقل حجمها وتتآكل ذاتيا، وترتفع المياه الخالية من الرواسب والمواد الطافية نحو ماسورة الخروج حيث تكون عولجت أوليا بالترسيب والتخمير كما بالشكل (١٠)، يمكن إضافة فلتر شبكي في ماسورة الخروج لزيادة نقاء الماء الخارج، يتم توجيه الماء المعالج نحو خزان أعلى المنزل حيث ينحدر مع الجاذبية عبر شبكة تغذية صناديق الطرد بالمنزل (يراعى فصل مسار تغذية صناديق الطرد عن مسار باقي التركيبات الصحية بالمنزل)، وحيث أن صناديق الطرد تستهلك حوالي ٢٨% من إجمالي المياه في المنزل فإن هذا الإجراء قد حقق وفراً في الماء النظيف المطلوب للمنزل بمقدار الربع.

ينحدر فائض الماء المعالج نحو شبكة ري الحديقة المحيطة بالمنزل ونحو صنبور أمام المنزل لاستعمال المياه في رش الأرصفة والتنظيف وغسل السيارات، يغني الماء المعالج بذلك عن تركيب شبكة الماء العكر المكلفة ويوفر مصدرا مستداما لريّ نباتات تنسيق الموقع الغير مأكولة.

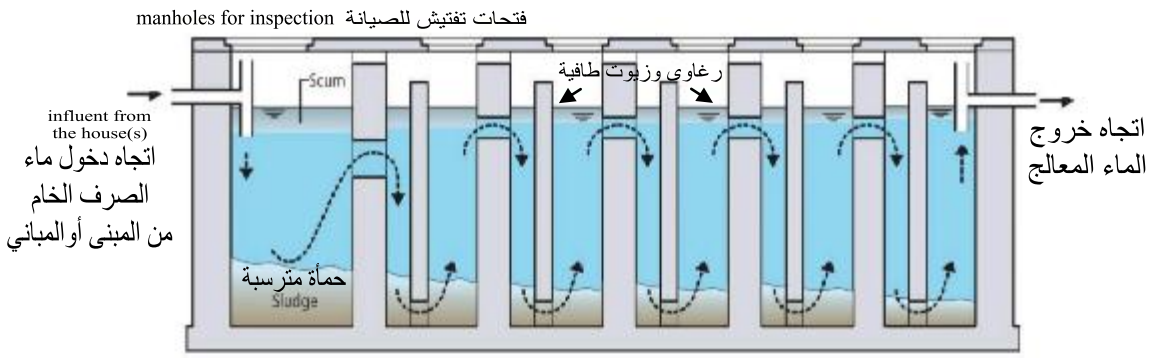
يمكن لخزان التحليل أن يكون أحادي أو ثنائي أو متعدد الغرف علما بأنه كلما تعددت الغرف كلما زادت جودة المعالجة حيث أن اصطدام المياه بعدة حواجز رأسية يزيد فرص تخليصها من الرواسب العالقة كما أن مرورها بعدة غرف يطيل

مدة المعالجة مما يحسن جودتها كما يزيد مدة الحمل الهيدروليكي ويقلل احتمال الفيض خارج الخزان Overflow في حالات الاستعمال الغزير المفاجيء من قبل سكان المنزل. يتم حساب سعة خزان التحليل بعدة طرق منها حسب عدد غرف المنزل أو حسب عدد المستعملين ، يعتمد النظام البريطاني مثلا على عدد الغرف حيث يجب تصميم الخزان بسعة ١٠٠٠ جالون للمنزل ذو الثلاث غرف فأقل (للصرف المختلط وبالتالي ٦٦٠ جالونا للماء الرمادي) [١٣]، يحتاج خزان التحليل لرفع دوري للرواسب (الثفل)المتبقي بعد عمليات التخمر وذلك لضمان استمرار عمل الخزان بكفاءة، وتتم عملية الرفع بالسيارات المخصصة كما بالشكل(١٠)، ويتم تكرار هذه العملية كلما زادت معدلات استعمال المنزل، وفي العموم فإن المنزل الذي يقطنه أربعة أفراد يحتاج خزانه للتفريغ مرتان في السنة كما هو موصى به من وكالة البيئة البريطانية BEA.



شكل (١٠): (أ) قطاع رأسي في خزان تحليل أحادي الغرفة Single Chambered Septic Tank [١٤]
(ب) تفريغ خزان التحليل بمنزل ريفي بانجلترا [١٥]

في حال وجود عدة عمارات سكنية تصب في خزان واحد فيمكن استعمال الخزان العديد الحواجز أو ما يُعرف بالهاضم اللاهوائي متعدد الغرف Anaerobic Baffled Reactor شكل(١١)، ويمتاز بزيادة كفاءة المعالجة والقدرة على تحمل التدفقات المفاجئة بسبب السلوك غير المتوقع لاختلاف ثقافات وعادات السكان، يمتاز الهاضم متعدد الغرف بكفاءة عالية في معالجة مياه الصرف حيث تزيد كل غرفة إضافية من كفاءة المعالجة، وقد قام باحثون في عام ٢٠١٤ بقياس كفاءة هاضم خماسي الغرف فوجدوا أن كفاءة معالجة الأكسجين المذاب BOD وصلت ٩٠% ومعالجة الأكسجين الكيميائي COD إلى ٨٠% ومعالجة البكتيريا والكائنات الدقيقة إلى ٤٨%.[١٦]



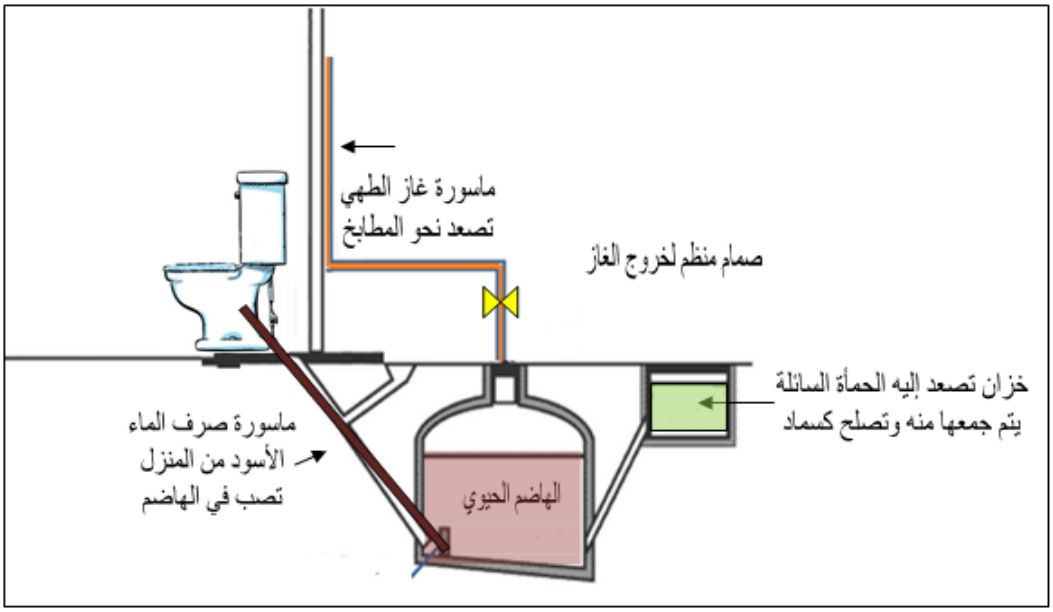
شكل(١١): قطاع رأسي بهاضم متعدد الحواجز ABR [١٧]

تتباين تكلفة خزان التحليل حسب النوع والحجم، فيمكن بناؤه في الموقع أو شراء وحدات جاهزة للتركيب ، ففي الدول التي لا تصنّع هذه التقنيات يكون البناء في الموقع أرخص وأقل تكلفة ، في حين تكون الأنظمة الجاهزة أقل كلفة في الدول التي تصنّع أو تدعم هذه التقنيات كالصين وأوروبا والولايات المتحدة. في حال البناء في الموقع باستخدام الطوب المعزول أو الخرسانة فيمكن توقع تكلفة في حدود ١٠٠٠ إلى ١٥٠٠ جنيه مصري، وهي أسعار تم تقديرها لمشابهتها لتكلفة بناء الخزان المستعمل في الريف المصري والمعروف(بالترنش)، لكن التكلفة قد تزيد قليلا لضرورة عزل الجدران والقاع بعازل ضد الرطوبة لمنع تسرب محتويات الخزان للتربة المحيطة، أما الخزان مسبق الصنع فعادة يكون مصنعا من مادة الفيبرجلاس ويتراوح سعره من١٥٠ دولارا فصاعدا حسب الشركة المنتجة [١٨] وتقل التكلفة عموما بتقسيمها على عدد أكبر من الأسر بحيث يتم تركيب خزان تحليل كبير مجمع لخدمة عدة شقق أو عدة عمارات حسب سعة المنظومة وفترات الاستعمال كما بالشكل(١٢)، كذلك الحال بالنسبة للهاضم متعدد الحواجز فيتم عادة بناؤه في الموقع لصعوبة تصنيعه وكبر حجمه، وفي الشكل(١٣) يوضح عملية بناء هاضم مماثل في قرية بزامبيا تحت اشراف وتمويل إحدى المنظمات الألمانية المهتمة بالتنمية في الدول الفقيرة German Toilet Organization (GTO).

شكل(١٢) تركيب خزان تحليل مجمع لبرج سكني في أندونيسيا ٢٠١٢ [١٩]

شكل(١٣) تركيب هاضم متعدد الحواجز لخدمة قرية في زامبيا برعاية منظمة ألمانية للتنميةعام ٢٠١٠ [٢٠]

(٢-١-٢-ب) مسار الماء الأسود: يصب الماء الأسود في هاضم حيوي Digester وهو عبارة عن خزان محكم الغلق تحت مستوى الأرض أو معلق على الواجهة الأكثر تشميسا في المبنى، تتسبب الحرارة مع إحكام الغلق في نشاط ملحوظ للبكتيريا اللاهوائية التي تعمل على هضم وتخمير المحتويات العضوية في المياه لتخلصها من معظم الملوثات والمواد الثقيلة ، ينتج عن هذا التفاعل اللاهوائي غاز الميثان المستعمل في الطهي وينتج كذلك حمأة سائلة تصلح كسماد عضوي آمن للنباتات غير المأكولة، شكل(١٤).



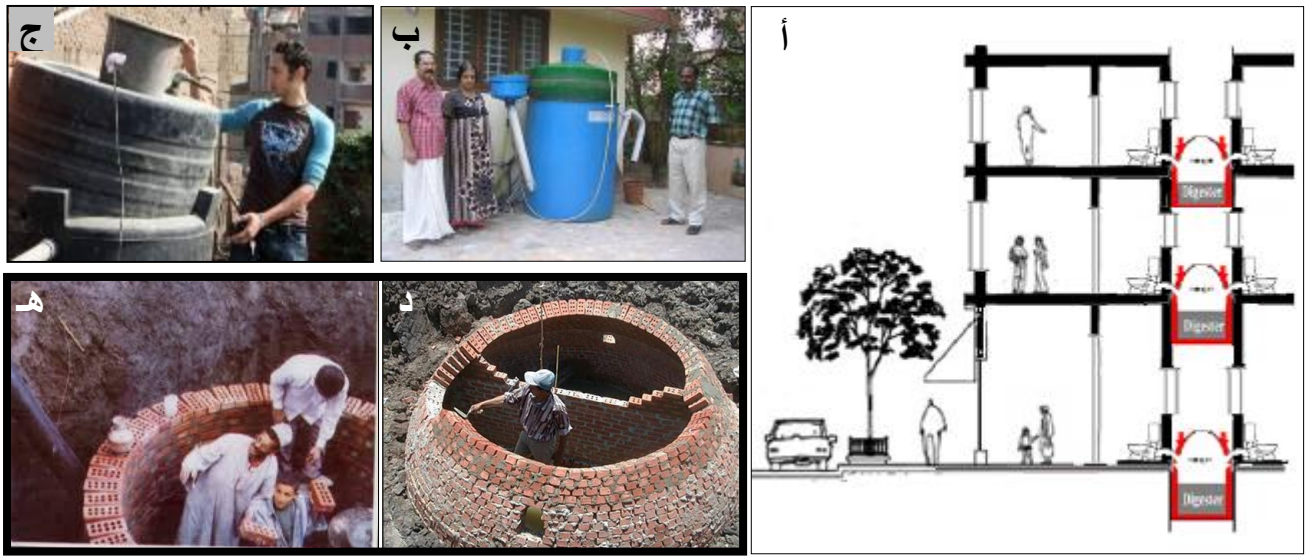
شكل(١٤)النموذج المقترح لمسار الماء الأسود في مرفق معالجة الصرف الصحي بمنطقة الدراسة_ الباحثان

تزداد كفاءة الهاضم بشكل ملحوظ مع ارتفاع حرارة التفاعل حيث يمكن تقليل فترة المعالجة إلى يوم أو يومان فقط في درجة حرارة ٤٠ مئوية وبكفاءة إزالة تصل إلى ١٠٠ % كما بالجدول (١)، لزيادة حرارة المفاعل يتم دهانه من الخارج بالأسود اللامع لامتصاص أكبر قدر من حرارة الشمس، كما يقترح النموذج إضافة غلاف من الماء الساخن حول جدار الهاضم لتسريع التفاعل شتاءً كما سيأتي فيما بعد.

نوع الملوثات المعالجة بالهاضم	التفاعل منخفض الحرارة (٥-٢٠) سيليزية		التفاعل متوسط الحرارة (٢٠-٣٩) سيليزية		التفاعل مرتفع الحرارة (+٤٠) سيليزية	
	عدد أيام المعالجة	كفاءة المعالجة %	عدد أيام المعالجة	كفاءة المعالجة %	عدد أيام المعالجة	كفاءة المعالجة %
السالمونيلا	٤٤	١٠٠	٧	١٠٠	١-٢	١٠٠
الشيجيلا	٣٠	١٠٠	٥	١٠٠	١	١٠٠
الفيروسات	–	–	٩	١٠٠	–	–
الديدان العلقية	٣٠	٩٠	١٠	١٠٠	١	١٠٠
الأسكاريس	١٠٠	٥٣	٣٦	٩٨.٨	٢	١٠٠

جدول (١) : كفاءة معالجة مياه الصرف الأسود في الهاضم الحيوي في درجات الحرارة المختلفة ويلاحظ زيادة الكفاءة وقلة مدة المعالجة بزيادة الحرارة داخل الهاضم [٢١]

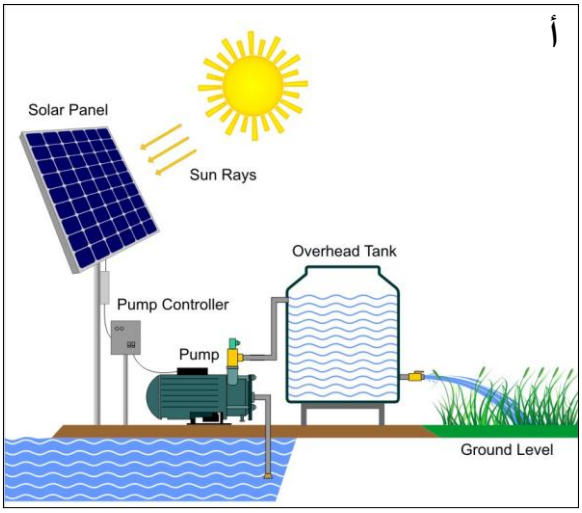
تتباين تكلفة الهاضم الحيوي حسب نوع الصناعة والخامات المستعملة ، حيث يمكن تصنيعه ذاتيا بأقل تكلفة قد لا تتجاوز ٦٠٠ جنيه من المواد المتاحة محليا كما بالشكل (١٥) ، أما النماذج الجاهزة والتي يشتهر بصناعتها الهند وماليزيا فتتراوح أسعارها بين (١٥٠ – ٣٠٠) دولارا أمريكيا للهاضم الواحد حسب السعة والشركة المنتجة **[٢٢]**



شكل (١٥) رسم توضيحي لمكان تركيب الهاضم في حال استقلال كل وحدة سكنية بهاضم خاص (الباحثان) ونماذج لهاضم جاهز التركيب بالهند [٢٢] وآخر ذاتي الصنع بالقاهرة [٢٣] وهاضم مجمع لعدة منازل بقرية مصرية بهدف صرف روث الماشية عليه لزيادة الغاز الحيوي الناتج [٢٤]

(٢-٢)التغذية اللامركزية بالمياه : تعتمد معظم التقنيات اللامركزية في توفير المياه على (المياه الجوفية - ماء المطر– الماء المعاد تدويره من المنزل)، أكثر الأنظمة شيوعا هي استخراج المياه الجوفية خاصة في البلاد غير المطيرة كمصر، تعتمد طلبمات استخراج المياه على الوقود العادي (السولار أو البنزين) أو على الطاقة الشمسية، تقل كلفة الاستخراج كلما قل عمق المياه المراد استخراجها وكلما زادت مسامية التربة Soil Transmissivity حيث في الحالتين يقل الجهد اللازم للاستخراج وبالتالي تقل الوقود اللازم سواء كان أحفوريا أو متجددا، تتكون الطلمبات الشمسية من طلمبة عادية يتم تشغيلها بواسطة الكهرباء المولدة من لوح أو أكثر من الخلايا الشمسية حسب الجهد المطلوب، تعتبر طلمبات الطاقة الشمسية خيارا مناسبا للدول ذات الإشعاع الشمسي العالي كمصر وقد شاع استخدامها مؤخرا في مشاريع الاستصلاح الزراعي الحكومي خاصة في توشكى والوادي الجديد (شكل ١٦) .تعتبر أنظمة استخراج المياه بالطاقة الشمسية أكثر تكلفة على المدى القصير وأقل تكلفة على المدى الطويل، فبمقارنتها بالطلبمات التقليدية التي تعمل بالسولار مثلا نجد أن الأولى أربع أضعاف الثانية في تكلفة التركيب Initial Cost، في حين أنها أقل بكثير في تكلفة التشغيل Running Cost، وقد قام باحثون بمقارنة المضخات الشمسية بالتقليدية منحيث تكلفة التركيب والتشغيل (بالدولار الأمريكي–٢٠٠٦) فوجدوا أن المضخات الشمسية تتساوى تكلفتها الكلية (تركيب+تشغيل) مع مثيلتها

التقليدية خلال مدة تشغيل قدرها ٢.٨ سنة كما بالجدول (٢) ، وعلى مدار عشر سنوات تكون التكلفة الإجمالية (تركيب + تشغيل) للمضخة الشمسية أقل بمعدل ٣٧% من مثيلتها التقليدية [٢٥].



شكل (١٦) :(أ): تقنية استخراج المياه الجوفية بالطاقة الشمسية [٢٦]
(ب) استخراج مياه الري بالطاقة الشمسية في توشكى [٢٧]

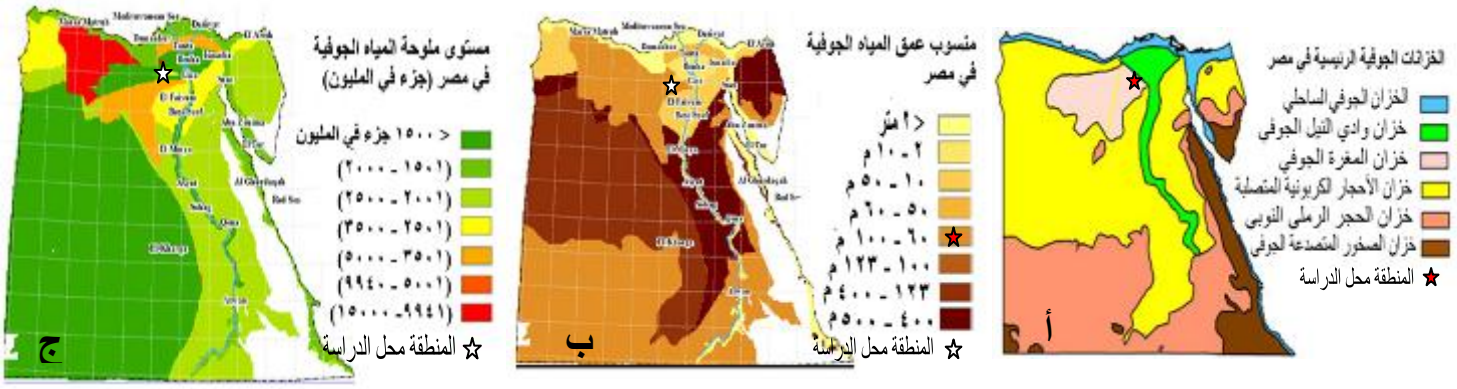
النوع	تكلفة التركيب	تكلفة التشغيل /سنة	تكلفةالتشغيل/١٠سنوات	تكلفةالتشغيل/٢٠ سنة
مضخة شمسية ٢٨٠٠ وات	١٨,١٨٨	٦٠٠	٢٤,١٨٨	٣٠,١٨٨
مضخة ديزل ٤.٥ ك.ف.أ	٤,٧٢٠	٥,٨٦٤	٦٣,٣٦٠	١٢٢,٠٠٠

جدول (٢) : مقارنة تكلفة مضخة شمسية وتقليدية على مدار ١٠ و٢٠ عاما من التشغيل [٢٨]

بحساب كمية المياه المطلوبة للفرد ١٢٠ لتر/اليوم كما سبق، فإن أسرة من ٤ أفراد تحتاج لاستخراج ٤٨٠ لتر/ اليوم (أقل من نصف متر مكعب/ اليوم)، فيكون المبنى ذو خمس طوابق (١٠ أسر تقريبا) بحاجة لـ ٥ م٣/اليوم ، وبإعادة تدوير الماء الرمادي تقل الكمية بمقدار الربع فيحتاج المبنى لتركيب مضخة شمسية بسعة ٣,٧٥ م٣/اليوم من عمق (٦٠-١٠٠) مترا كما بالطبيعة، ما يستلزم حوالي ١٢٠٠ وات من الطاقة بتكلفة تركيب تبلغ ٩٠٠ دولار أمريكي تقريبا (أسعار ٢٠١٤) [٢٩]، تتضمن تكلفة الموتور والمواسير والخلايا الشمسية المطلوبة، علما بأن التكلفة تقل كلما اشترك عدد أكبر من الأسر في الطلمبة الواحدة مع زيادة قدرتها.

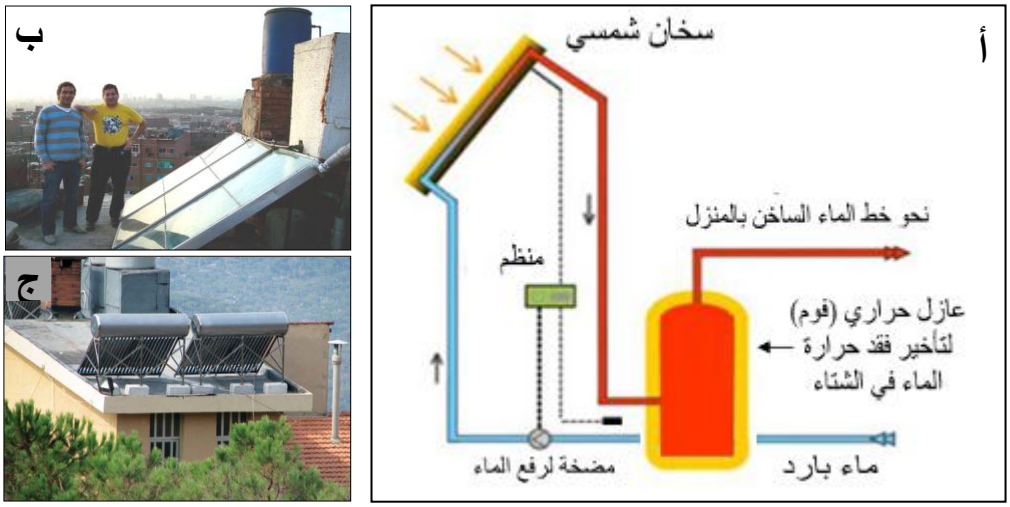
يتلخص النموذج المقترح لمنطقة الدراسة في تركيب طلمبات تعمل بالطاقة الشمسية لاستخراج المياه الجوفية أسفل المبنى، ويتم تركيب الخلايا الشمسية فوق سطحه، مع مراعاة تركيب خزان علوي لتجميع المياه المستخرجة فيه لتنحدر بالجاذبية الطبيعية عبر شبكة التغذية بالمبنى، يساعد الخزان العلوي في الاستغناء عن بطاريات شمسية لتشغيل المضخة ليلا وكذلك في تقليل العبء على الموتور لوجود مخزون يكفي لحالات السحب المفاجيء للسكان في نفس الوقت كما في ساعة الذروة، تتسم منطقة الدراسة بوفرة المياه الجوفية حيث تقع فوق خزان المغرة الجوفي المتجدد حيث تتسرب إليه المياه من نهر النيل باستمرار، تعتبر تكلفة الاستخراج في الموقع مناسبة لقلة عمق منسوب سطح المياه

(٦٠ – ١٠٠ متر) كما بالشكل (١٧) ، أما بالنسبة لنسبة ملوحة المياه المستخرجة فالمياه الجوفية في منطقة الدراسة تبلغ ملوحتها حوالي ١٥٠٠ جزء في المليون وهي نفس درجة الملوحة في وادي النيل وهي تصلح للاستعمال المنزلي دون معالجة وتصلح للاستعمال في الشرب والطهي بعد المعالجة.



شكل(١٧):خصائص المياه الجوفية بمنطقة الدراسة:(أ) نوع الخزان (ب) منسوب العمق (ج) درجة الملوحة [٣٠]

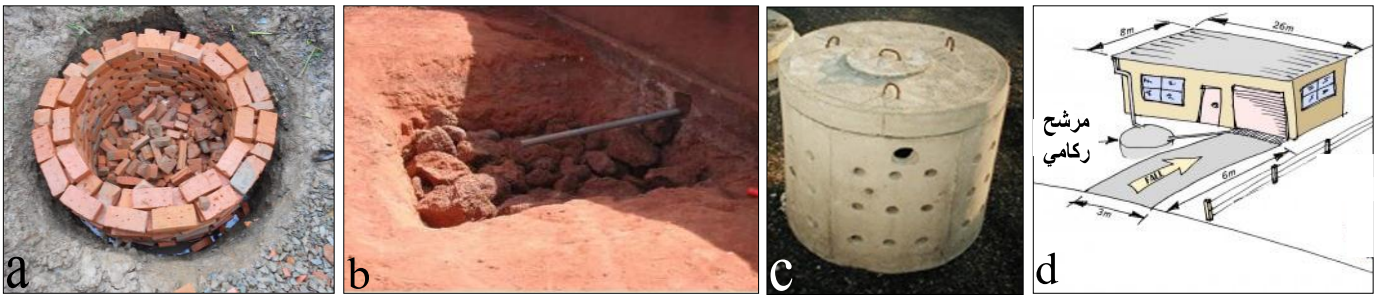
(٢- ٣) أنظمة التسخين الشمسي للمياه Solar Collectors : استعمال هذه الأنظمة ضروري في نموذج الدراسة لتقليل الكهرباء المنزلية المستهلكة حيث أن سخانات المياه المنزلية تستهلك حوالي ثلث إجمالي فاتورة الكهرباء الشهرية [٣١]، يتكون السخان الشمسي من مواسير من مادة عالية التوصيل الحراري (نحاس – ألومنيوم– ستيل) بحيث تكتسب سخونة من الشمس تنتقل بالتوصيل إلى المياه المارة بها كما بالشكل(١٨) ، يمكن تصنيع السخان الشمسي ببساطة من المواد المحلية وبتكلفة زهيدة ودون الحاجة لعمالة ذات مهارة خاصة، أما السخانات الجاهزة فتبدأ تكلفتها من ١٣٠ دولارا أمريكيا للأسرة الواحدة وتزيد حسب السعة والخامة وفترة الضمان والشركة المنتجة [٣٢].



شكل (١٨) السخان الشمسي : (أ) رسم توضيحي لمكوناته وطريقة عمله [٣٣] (ب) نموذج لسخان محلي الصنع بالقاهرة [٣٤] (ج) نموذج لسخان مسبق الصنع ببيروت ٢٠١٤ [٣٥]

يتلخص النموذج المقترح لمنطقة الدراسة في تركيب سخان شمسي أو أكثر حسب الحاجة فوق سطح المنزل ويتم تغذيته من الخزان العلوي السابق ذكره وينحدر الماء المسخن بالجاذبية عبر شبكة تغذية الماء الساخن الموصلة للحمامات والمطابخ بالمنزل، فإذا برد الماء دون استخدام أو فاض عن الحاجة فيسمح له بالانحدار نحو مرشح ركامي بجوار المنزل ليتسرب عبر الركام إلى طبقات التربة ويعود إلى المياه الجوفية.

(٢- ٤) المرشح الركامي Soak Pit : يتكون المرشح الركامي من حفرة مبنية في الموقع من طوب مسامي منفذ للماء بعمق مناسب (متر إلى٨٠ سم) ويتم ملؤها بالركام المتدرج الذي يمكن تبديله وإعادة ملء ركام نظيف كل عدة أعوام حسب الحاجة ، يستعمل المرشح الركامي أساسا في الدول المطيرة لتصريف المطر نحو التربة في غياب وجود صرف مطر مركزي، يعتبر المرشح الركامي حلا مناسبا لصرف المطر والماء المُعالَج الفائض عن حاجة المنزل في مصر حتى في حالة وجود شبكة صرف مركزي، حيث أن صرف ماء المطر على شبكة الصرف الصحي يزيد الحمل على الشبكة وعلى محطات المعالجة مما يقلل عمرها ويزيد كلفة التشغيل، كما أن صرف المطر في التربة يعد موردا هاما لإعادة شحن الماء الجوفي بالموقع. يعمل الركام الموجود بالمرشح كفلتر لتنقية المياه من أي شوائب قبل وصولها لمنسوب المياه الجوفية، وفي حال وجود المياه الجوفية على عمق كبير فيمكن الاعتماد على طبقات التربة نفسها كمرشح دون الحاجة لركام إضافي. يجب عند تركيب المرشح مراعاة إبعاده عن أساسات المنزل بمسافة كافية لضمان عدم تسرب المياه نحوها كما بالشكل (١٩) .



شكل (١٩) المرشح الركامي Soak Pit: (a+b): أنواعه المبنية في الموقع (c) أنواعه سابقة الصب (d) موقع تركيبه أمام المنزل لصرف فائض مياه المنزل ومياه المطر [٣٦] و[٣٧].

(٢- ٥) توليد الطاقة : تحتاج الأسرة الواحدة لحوالي ١٠٣٣ كيلووات.ساعة من الكهرباء شهريا ، وباستخدام نظام السخان الشمسي فيمكن افتراض انخفاض الاحتياج بنسبة ٢٥-٣٠% ليكون الاحتياج الشهري ٧٧٤ كيلووات.ساعة تقريبا ، ويضاف إلى هذا الاحتياج (٤-٦) م٣ من الغاز شهريا للطهي فكيف يمكن توفير ذلك ؟

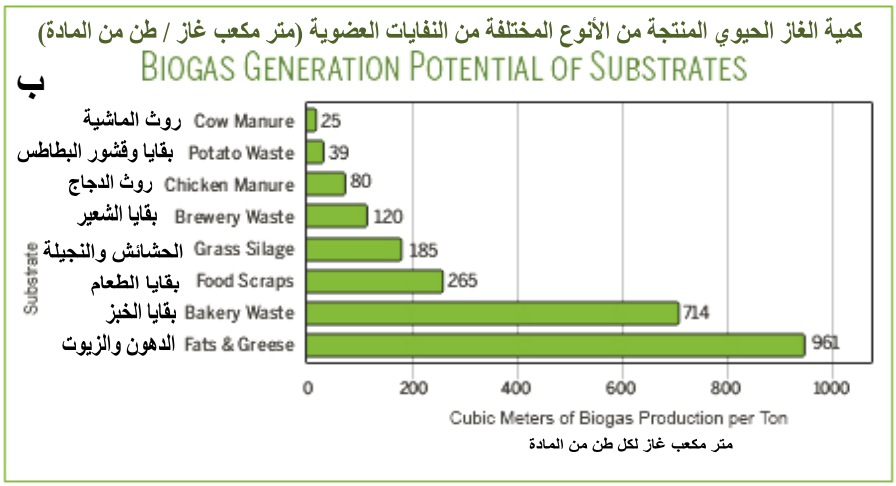
الإجابة هي الغاز الحيوي الناتج من الهاضم، يحتوي الغاز الحيوي على عنصر الميثان CH_4 والذي يشكل المكون الأساسي للغاز الطبيعي المستعمل تقليديا في شبكات غاز الطهي وفي توليد الكهرباء معا، إن ١ م٣ من الغاز الحيوي يكافيء ٠.٩١٦ م٣ من الغاز الطبيعي **[٣٨]**، ويمكن لكليهما توليد الكهرباء عبر ماكينة منزلية تعمل بالغاز بدل

السولار أو البنزين كما بالشكل(٢٠) ، كل ١ م٣ من الغاز الحيوي (بكفاءة ٩٧% ميثان) يمكنه توليد ٩.٦٧ كيلووات.ساعة في حين ١ م٣ من الغاز الطبيعي يولد ١١ كيلووات.ساعة [٣٩].

يتم ضخ جزء من الغاز الحيوي للطهي عبر خط يوصل بين أعلى نقطة في الهاضم (حيث يتجمع الغاز) وبين المطبخ بالمنزل المخدوم، ويتم ضخ الفائض من الغاز نحو الماكينة السابق ذكرها لتغذية المنزل بالكهرباء.

يجب أن لا تقل كمية الغاز الحيوي الناتج يوميا عن ٢.٨ م^3 لتغطية احتياجات الطهي والكهرباء معا لاسرة من ٤ أفراد، وبمعلومية أن ماء الصرف الأسود لأسرة مماثلة لا ينتج سوى ٠.٨ متر مكعب/يوم ، فإن الـ ٢ م^3 الباقية يجب توفيرها من مصادر تخمير عضوي إضافية بخلاف الماء الأسود.

هناك العديد من المواد العضوية القابلة للتخمر والمعروفة بقابليتها لإنتاج غاز حيوي بكميات كبيرة حال تخمرها لا هوائيا ، أشهر هذه المواد الزيوت والدهون ، روث الماشية ، فضلات الطعام ، النجيلة والحشائش كما بالشكل(٢٠).



شكل (٢٠): (أ) ماكينة توليد الكهرباء بالغاز الحيوي (ب) أفضلية النفايات العضوية حسب غزارة إنتاجها من الغاز الحيوي لكل طن من النفايات الخام [٤٠]

يمكن استعمال الخلايا الشمسية Solar Panels كمصدر إضافي للكهرباء في حالة عدم توافر نفايات عضوية كافية لتوليد الغاز المطلوب يوميا ، شأنها كشأن كل النظم الشمسية فإن تكلفة التركيب تكون عادة مرتفعة بكثير عن النظم التقليدية لكنها على المدى التشغيلي الطويل تنخفض تكلفتها حتى تتساوي أو تقل عن النظم التقليدية. قامت مجموعة الباحثين في ٢٠١٢ بحساب تكلفة توليد الطاقة الكهربائية عبر الخلايا الشمسية في مصر فوجدوا أنها تساوي ٠.٣٥ دولارا لكل واحد كيلواوت من الكهرباء، علما بأن هذه التكلفة ثابتة ولا تزداد بزيادة الاستهلاك كما يحدث في الأنظمة التقليدية حيث تخضع لشرائح مختلفة للتسعير حسب السحب. تتوقع الدراسات انخفاضا مستمرا في أسعار الأنظمة الشمسية حتى تتساوى في التكلفة مع الأنظمة التقليدية خاصة مع تطور تقنيات التصنيع ورخص أسعارها مع الوقت

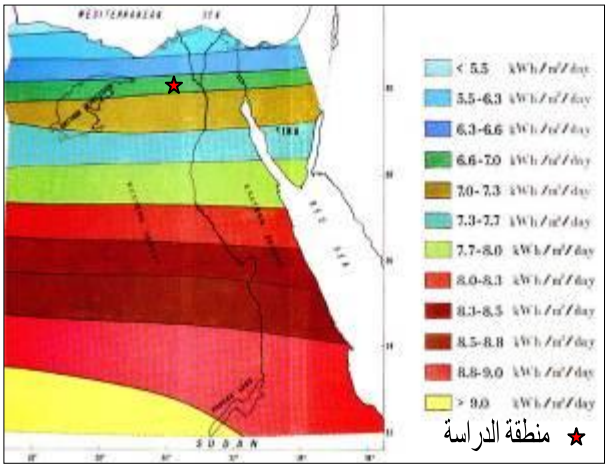
وكذلك مع تفاقم أزمة الطاقة عالميا والتدرج في رفع الدعم عن الكهرباء في مصر لسد فجوة الاستيراد للوقود اللازم لتشغيل محطات التوليد في مصر من نفط وغاز ومازوت ومؤخرا الفحم .

تقوم ظاهرة الاحتباس الحراري المتزايد بزيادة كفاءة الأنظمة الشمسية وإنتاجيتها حيث تتزايد نسبة الإشعاع الشمسي بشكل مضطرد نتيجة لتآكل طبقة الاوزون ، مما يجعل المتر المربع من الأنظمة الشميسة يزيد إنتاجيته دون أي تدخل بشري أو صناعي .

من عيوب المنظومات الشمسية حاجتها للتنظيف المستمر لأن الأتربة تعوق امتصاص الشمس داخل الخلايا المستقبلة، كما أن من عيوبها حاجتها لبطاريات لتخزين الطاقة للاستعمال ليلا وهذه البطاريات هي العنصر الأكثر تكلفة والأقصر عمرا في المنظومة .

من مميزات نظم الطاقة اللامركزية عامة أنها تقلل بشكل كبير من معامل التسريب في الطاقة ، حيث من المعروف أن نسبة كبيرة من الطاقة المولدة في محطات التوليد تتسرب خلال شبكة التوزيع والنقل وتختلف نسبة التسريب حسب جودة الشبكة لكنها تزداد كلما زادت المسافة المطلوب نقل الطاقة إليها، تتراوح خسائر نقل وتوزيع الكهرباء في مصر Power Transmission and Distribution Losses بين ٨.٢ إلى ٢٤% من إجمالي الطاقة المنتجة حيث تم فقد ٢٠ بليون كيلووات في عام ٢٠١٠/٢٠١١ فقط، وبلغ الفقد التراكمي ١٢٢ بليون كيلووات في سبع سنوات (٢٠٠٤-٢٠١١) [٤١].

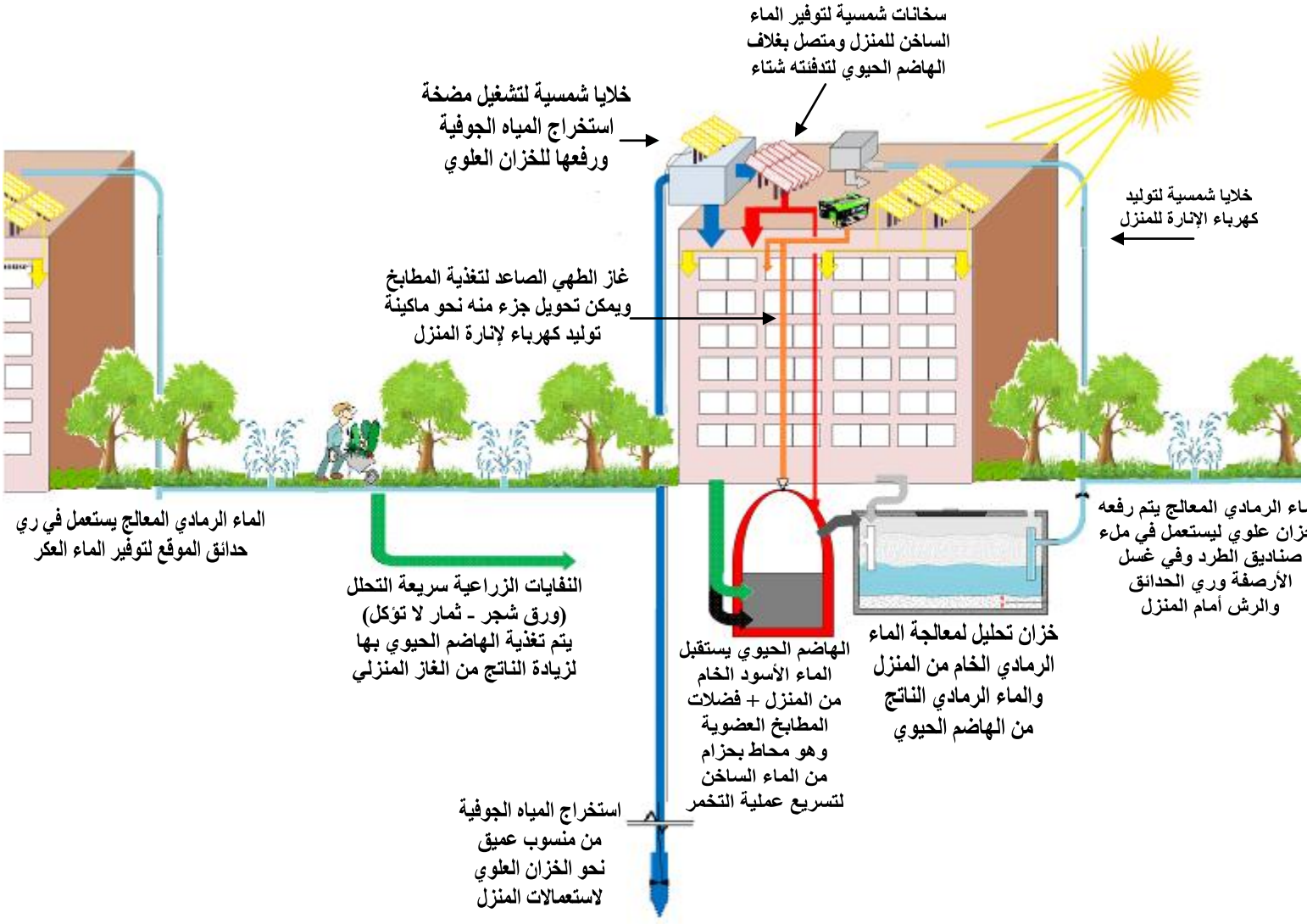
(٢- ٥-أ) **ملاءمة منطقة الدراسة لتطبيق الأنظمة الشمسية:** تتمتع مصر عامة بطاقة شمسية تتعدى ٢٩٠٠ إلى ٣٢٠٠ ساعة من السقوط الشمسي العمودي سنويا ما يعادل ١٩٧٠ إلى ٣٢٠٠ كيلووات.ساعة من الطاقة تسقط على كل متر مربع من أرض مصر، أما منطقة الدراسة فيبلغ متوسط الإسقاط الشمسي العمودي المباشر Annual Direct Normal Irradiation بها حوالي ٦.٦ إلى ٧ كيلووات.ساعة/ م٢/ يوم، ما يعني أنه لتوليد كهرباء تكفي لأسرة من أربعة أفراد بمعدل استهلاك ١٠٠٠ كيلووات. ساعة /الشهر أي ٣٣٠ كيلووات. ساعة/ اليوم فهم بحاجة لألواح شمسية بمساحة ٤.٧٦ م٢ حسب معدلات الإسقاط الشمسي في منطقة الدراسة.



شكل(٢١) شدة الإسقاط الشمسي (كيلووات. ساعة /م٢/ يوم في مصر ومنطقة الدراسة [٤٢].

يعتبر نظام الألواح الشمسية عديم الصيانة فعمليا لا يحتاج لأي متابعة بعد تركيبه بخلاف الشبكات الكهربية التقليدية – ويمكنه الاستمرار على ذلك لعقود من الزمن – كما أنه لا يتأثر بالطلب على الوقود وأزمات الطاقة وحروب النفط والظروف السياسية وتقلبات السوق – فكل ذلك لا يشغل بال السكان المعتمدين على المنظومة الشمسية بأي حال.

(٣–١) النموذج المجمع المقترح لمنطقة الدراسة : يوضح الشكل (٢٢) النموذج المجمع المقترح للمرافق اللامركزية لمنطقة الدراسة ، وهو يمكن تطبيقه على مستوى العمارة السكنية أو الفيلا ، كما يمكن تطبيقه منفردا لكل عمارة على حدة أو مجمعا لكل مجموعة عمارات بحيث يتم تطبيق المرافق في الحديقة الوسطى الموجودة بوسط المجاورة السكنية.



شكل (٢٢) النموذج المجمع المقترح للمرافق اللامركزية لمنطقة الدراسة – الباحثان

(٣-١) التكلفة التقديرية للنموذج المقترح: في حال اكتفاء كل مبنى بمرافقه الخاصة فإن **التكلفة المجمعة التقريبية للعمارة السكنية خمس طوابق بعشر وحدات تسكنها ١٠ أسر يمكن حسابها كالتالي :**

(الأسعار أدناه حسب أسعار الشركات المنتجة على المواقع المرفقة بتاريخ ديسمبر ٢٠١٥ وتم تحويل العملة بسعر افتراضي ٨ ج / الدولار):

١- مضخة شمسية للمياه الجوفية قدرة ١٠٠٠ متر مكعب/ ساعة ومن مستوى استخراج من ١٠ -١٠٠٠ متر عمق وبقدرة ٤٠٠ كيلووات بسعر ١٠٠ دولار (٨٠٠ ج) يكفي استعمال ٢٠٠ شخص ، شكل (٢٣- أ) **[٤٣]**.

٢- عدد ٢ خزان تحليل لمعالجة وتنقية الماء الرمادي بسعة ١.٨ متر مكعب للخزان الواحد ويكفي استعمال١٠-٣٠ شخص بسعر ٥٠ دولار (٤٠٠ ج) فتكون التكلفة لهما (٨٠٠ج) شكل (٢٣- ج) **[٤٤]**.

٣- عدد ٢هاضم حيوي مسبق الصنع كل منهما مزود بفلاتر لتنقية الغاز الحيوي الناتج وبسعة ١.٧ متر مكعب صرف/ اليوم يكفي خمسة أسر وبسعة تخزينية لغاز الناتج تصل ١.٣ م مكعب غاز بسعر ٢٠٠ دولار (١٦٠٠ ج) فيكون كلاهما بسعر (٣٢٠٠ج) ، شكل(٢٣ - ب) [٤٥].

٤- مولد كهرباء يعمل بالغاز الحيوي بقوة ٥٠٠ كيلووات. ساعة وباستهلاك ٠.٧ متر مكعب غاز / ساعة وبعمر افتراضي ١٠ سنوات يكفي بسعر ١١٥٠ دولار (٩٢٠٠ ج) يكفي عشرة أسر شكل (٢٤- أ) [٤٦].

٥- عدد ١٠ سخان شمسي ستانلس كل منهم بقدرة ١٥٠٠ وات وخزان سعة ٦٠ لتر بسعر ٧٥ دولار (٦٠٠ ج) فتكون السعر المجمع (٦٠٠٠ج) شكل(٢٤- ب) [٤٧].

٦- عدد ١٠ مفرمة مطبخ لفرم النفايات العضوية وبقايا الطعام وسائر الفضلات قبل توجيهها للهاضم الحيوي يتم تركيبها أسفل حوض المطبخ ستانلس بسعر ٣٢ دولار للقطعة (٢٥٦ ج) بسعر إجمالي (٢٥٦٠ج) ، شكل(٢٤ - ج) [٤٨].

٧- عدد ٢ منظومة شمسية لتوليد الكهرباء كل منهما مكونة من خلايا شمسية ومحول وبطاريات نخزين لفترات الليل ومنظم تيار بقدرة توليد ٨ كيلو.وات. ساعة / اليوم وبعمر تشغيلي ٥-٦ سنوات وبكفاءة تشغيلية ٩٠ % تكفي خمس أسر بسعر ٢٩٠٠ دولار (٢٣,٢٠٠ ج) فتكون كلاهما بسعر (٤٦,٤٠٠ج) شكل(٢٥) [٤٩].

٨- مرشح ركامي لتصريف الماء النظيف مجمع للمبنى ككل يُبنى في الموقع بتكلفة تقريبية ٥٠٠-١٠٠٠ جنيه مصري (أسعار ديسمبر٢٠١٥) حسب العمق والسعة والخامات المستخدمة شكل (٢٦) [٥٠].

بحساب التكلفة المجمعةالتقريبية للعمارة السكنية خمس طوابق بعشر وحدات تسكنها ١٠ أسر فإن حسابها يساوي:
مضخة مياه جوفية شمسية (٨٠٠ ج) + ٢خزان تحليل (٨٠٠ ج) + ٢هاضم حيوي عدد٢ (٣٢٠٠ ج) + مولد كهربائي (٩٢٠٠ج) + ١٠ سخان شمسي (٦٠٠٠ج) + ١٠ مفرمة مطبخ (٢٥٦٠ج) + ٢منظومة شمسية

بالبطاريات (٤٦,٤٠٠ ج) + مرشح ركامي (١٠٠٠ج) فتكون التكلفة الإجمالية (٦٩٩٦٠ ج) نصيب كل شقة حوالي سبعة آلاف جنيه مصري (أسعار ديسمبر ٢٠١٥).

علما بأن تكاليف الصيانة تعتبر صفرا لعدم الحاجة لوقود تشغيل ولاستدامة المنظومة وعدم وجود فواتير استهلاك شهرية كما هو الحال في المرافق المركزية .

شكل (٢٣) (ا) مضخة شمسية (ب) هاضم حيوي (ج) خزان تحليل (من مواقع الشركات المنتجة) [٤٣ - ٤٤ - ٤٥]

شكل (٢٤) (ا) مولد كهربائي يعمل بالغاز الحيوي (ب) سخان مياه شمسي (ج) مفرمة طعام ونفايات مطبخ تركب اسفل الحوض (من مواقع الشركات المنتجة) [٤٦ - ٤٧ - ٤٨] .

شكل (٢٥) (ا) مولد كهربائي يعمل بالغاز الحيوي (ب) سخان مياه شمسي (ج) مفرمة طعام ونفايات مطبخ تركب اسفل الحوض (من مواقع الشركات المنتجة)) [٤٩]

شكل (٢٦) مرشح ركامي مبني في الموقع بخامات محلية ويتم ملؤه بعد ذلك بالزلط والركام وتوجيه الماء النظيف والماء الرمادي المعالج وماء المطر فيه ليتم إعادته لخزان المياه الجوفية بعد تنقيته بالركام المتدرج [٥٠].

المرفق	التكلفة (جنيه)	عدد المستخدمين	التكلفة لعدد عشر وحدات سكنية	العمر التشغيلي (سنة)
مضخة شمسية ٤٠٠ كيلواوت بسعة ١٠٠٠ م^3/ساعة	٨٠٠	٢٠٠	٨٠٠	٢٠
خزان تحليل ١.٨ م^3	٤٠٠	١٠ ـ ٣٠	٨٠٠	١٥
هاضم حيوي ١.٧ م٣/اليوم	١٦٠٠	٢٠(خمس أسر)	٣٢٠٠	١٥
مولد كهربائي بالغاز الحيوي ٥٠٠ كيلووات	٩٢٠٠	٤٠ (عشر أسر)	٩٢٠٠	١٠

سخان مياه شمسي ١٥٠٠ وات سعة ٦٠ لتر	٦٠٠	أسرة واحدة	٦٠٠٠	٢٠
مفرمة مطبخ لفرم النفايات العضوية وبقايا الطعام	٢٥٦	أسرة واحدة	٢٥٦٠	٢٠
منظومة شمسية لتوليد الكهرباء ٨كيلولوات.ساعة بكفاءة ٩٠%	٢٣,٢٠٠	٢٠	٤٦,٤٠٠	٥ – ٦
مرشح ركامي مبني في الموقع	٥٠٠-١٠٠٠	٤٠-٦٠	٥٠ - ١٠٠	مستمر مع تجديد الحشو كل عامين

جدول ( ) النموذج المجمع المقترح للمرافق اللامركزية من حيث الأسعار والخصائص – الباحثان

النتائج والتوصيات:

تعتبر بعض تقنيات المرافق اللامركزية ملائمة للتطبيق في المدن الجديدة في مصر حيث يمكنها العمل بكفاءة نظرا لارتفاع درجات الحرارة ووفرة المياه الجوفية وغزارة الإشعاع الشمسي المباشر وتوافر النفايات العضوية والزراعية والمنزلية ، بالإضافة لملاءمة التربة الصحراوية لأنظمة الرشح الركامي والتصريف السطحي ، يحتاج التطبيق لتشجيع ودعم من الجهات الحكومية ومؤسسات العمل المدني والجهات البحثية، حيث يمكن للدولة توفير المرافق جاهزة التركيب بأسعار مدعمة لتشجيع تطبيقها، وتقوم مؤسسات العمل المدني بالتوعية بطرق الاستعمال بشكل لا يلوث البيئة ولا يستنزف الموارد، وتقوم الجهات البحثية بالتطوير المستمر لهذه المرافق لخفض تكلفتها وزيادة كفاءتها، يجب سن تشريعات تنظم تركي ب وتشغيل هذه المرافق كما هو الحال في دول الغرب حيث توجد قوانين صارمة لعدم المساس بالمياه الجوفية أو الإضرار بالهواء المحيط، يمكن بهذه المرافق عند تطبيقها أن تقوم بدور جوهري في تشجيع العمران في المدن الجديدة والانتقال للبعد العمراني الغير مستغل في الصحراء المصرية ، وتلائم هذه الأنظمة الشباب لاستعداده لتجربة ما هو جديد كما أنه هو الشريحة الأكبر من سكان المدن الجديدة.

المراجع:

1- The American Environmental Protection Agency,EPA, (2002), "Onsite Wastewater Treatment Systems Manual", 625/R-00/008, EPA Publications.

٢- الهيئة العامة للتخطيط العمراني، (٢٠٠٩) ، "دراسات المخطط الاستراتيجي لمدينتي السادس وأكتوبر والشيخ زايد" نسخة الكترونية PDF.

3- www.googlemaps.com تاريخ التصفح ١٢أكتوبر ٢٠١٥

٤- هيئة المجتمعات العمرانية الجديدة ، (٢٠٠٢)، "التوسعات الشمالية لمدينة السادس من أكتوبر: تقرير المرحلة الثانية" ، نسخة إلكترونية PDF.

5- www.googleearth.com تاريخ التصفح ١٥أكتوبر٢٠١٥

6- Ain Shams University, Institute of Environmental Studies and Research, (2010), "Framework for the Environmental and Social Impact Assessment (ESIAF): Delta Governorates", ISSIP-2 – ESIAF Publications.

7- www.fryslanleeftmetwater.nl تاريخ التصفح ٨ أكتوبر٢٠١٥

٨- المركز القومي لبحوث المياه ، (٢٠٠٣)، "الكود المصري للموارد المائية وشبكات الري"، وزارة الموارد المائية والري، الطبعة الأولى.

٩- وكالة الطاقة الدولية ، إحصاءات وموازين الطاقة للبلدان خارج منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي، وإحصاءات الطاقة لبلدان المنظمة http://www.iea.org/stats/index.asp تاريخ التصفح ٦/١٠/٢٠١٥

10- ECO-Conserve, (2014), "Executive Summary regarding the 11 Governorates Natural Gas Connections", ESIAF, 1.1M HHs.

11- U. S. Census Bureau AHS -www.census.gov/housing/ahs/ تاريخ التصفح ٢٤أكتوبر٢٠١٥

12- G. L. KARIA and R.A. CHRISTIAN, (2013), "Wastewater Treatment: Concepts and Design Approach",PHI Learning Pvt. Ltd.

13- Phyllis L. Murdock & Mark A. Lundberg, (2003), "Single family residential septic tank capacities", Environmental Health Devision- www.buttecounty.net تاريخ التحميل ١٢أغسطس٢٠١٥

14- http://www.sswm.info تاريخ التصفح١٣ديسمبر٢٠١٥

15- http://weatherheadgroup.co.uk/ تاريخ التصفح١٣ديسمبر٢٠١٥

16- Yaqin Yu , Xiwu Lu and Yifeng Wu, (2014), "Performance of an Anaerobic Baffled Filter Reactor in the Treatment of Algae -Laden Water and the Contribution of Granular Sludge", *Water* scientific journal, vol. *6*(1), 122-138; doi:10.3390/w6010122

17- H. Suprihatin, (April 2014), "Kalilo river pollution due to limited land settlement and human behavior along the Kalilo riverban", Journal of Degraded and Mining Lands Management, ISSN: 2339-076X, Volume 1, No.3.

18- http://timzhifu.en.made-in-china.com/product/YeDnFKcbrMRB/China-FRP-Septic-Tanks-for-Water-Treatment-Industry.html تاريخ التصفح١٣ديسمبر٢٠١٥

19- http://globalintifibertech.co.id تاريخ التصفح١١ديسمبر ٢٠١٥

20- GTZ Editor, (2007), "MDG monitoring for urban water supply and sanitation. Catching up with reality in Sub-Saharan Africa", German Technical Cooperation (GTZ) -http://www.gtz.de/en/dokumente/en-water-sanitation-mdg-monitoring-africa.pdf تاريخ التحميل ٩ديسمبر ٢٠١٥

21- WERNER,U.; STOEHR, U.; HEES., N. (1989), "Biogas Plants in Animal Husbandry", German Appropriate Technology Exchange (GATE) and German Agency for Technical Cooperation (GTZ) GmbH. http://www.sswm.info/library/1026 تاريخ التصفح٥ ديسمبر ٢٠١٥

22- ARTI Biogas Plant, A compact digester for producing biogas from food waste - http://www.arti-india.org/ تاريخ التصفح٢ديسمبر ٢٠١٥ .

23- www.solarcities.com'تاريخ التصفح١٢ديسمبر ٢٠١٥

24- www.aradina.kenanaonline.com تاريخ التصفح٨ديسمبر ٢٠١٥

25- United Nations Development Programme (UNDP), (May 2015), "Technical Assessment for Solar Powered Pumps: A Comprehensive Guide on Solar Water Pumping Solutions" , https://data.unhcr.org/syrianrefugees/download.php تاريخ . التحميل١٠نوفمبر ٢٠١٥

26- http://taiyosolar.in/images/surface%20pump.jpg - retrieved in 1/10/2015.

27- http://i.ytimg.com - retrieved in 12/9/2015.

28- Odeh, I., Yohanis, Y., G., & Norton, B., (2006), "Economic Viability of Photovoltaic Water Pumping Systems", Solar Energy, Vol. 80 pp. 850-860.

29- The Schumacher Centre for Technology & Development, (March 2014), "Solar Pumps Technical Brief", Bourton Hall, Rugby, Warwickshire CV239QZ, UK,. www.practicalaction.org - retrieved in 12/9/2015.

30- http://www.fao.org- -retrieved in 18/9/2015

31- Annual Energy Bill for a Typical Single Family Home- EIA, www.buildingsolution.net retrieved in 21/10/2015

32- http://www.amazon.com/EZ-37-Solar-Water-Heater-Panel/dp/B007F54PUY retrieved in 11/3/2015

33- http://www.folkecenter.net/gb/rd/solar-energy/solar-heating/solar_collectors/ تاريخ التصفح٨نوفمبر ٢٠١٥

34- T.H.Culhane, http://news.nationalgeographic.com retrieved in 10/9/2015

35- FB. Chaaban and Saifur Rahman, (1998), "Baseline energy and electricity consumptions in Lebanon and opportunities for conservation", Energy Policy Journal, Volume 26, Issue 6, Pages 487–493.

36- http://2.bp.blogspot.com retrieved in 31/7/2015.

37- Brooke T. Ahrens: A Comparison of Wash Area and Soak Pit Construction: The Changing Nature of Urban, Rural, and Peri-Urban Linkages in Sikasso, Mali, A Report Submitted in partial fulfillment of the requirements For the degree of Master of Science in Environmental Engineering, Michigan Technological University print house, 2005

٣٨- مقارنة محتويات الطاقة في مختلف أنواع الوقود (petrol, diesel, E85) www.preem.se تاريخ التصفح ٢٠١٥/١٠/٢

٣٩- مقارنة محتويات الطاقة في مختلف أنواع الوقود (natural gas) www.swedegas.se تاريخ التصفح ٢٠١٥/١٠/١

40- www.biogas-energy.com - retrieved in 1/9/2015

٤١- الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء CAPMAS ، (فبراير ٢٠١٢) ، "نشرة مؤشرات الأداء الاقتصادي والاجتماعي في مصر للعام ٢٠١١/٢٠١٢" www.capmas.org.eg

42- National Renewable Energy Association in Egypt (NREA)- www.nrea.gov.eg - retrieved in 11/9/2015.

43- http://www.alibaba.com/product-detail/High-Pressure-Pressure-and-solar-Power_60228958294.html?spm=a2700.7724838.30.72.DEk089 retrieved in 13/12/2015

44- http://www.alibaba.com/product-detail/FRP-septic-tank-HOT-SALES-household_1080645444.html?spm=a2700.7724838.30.33.S3kV5V&s=p retrieved in 13/12/2015

45- ww.alibaba.com/product-detail/PUXIN-Family-Size-Portable-Assembly-Membrane_60375085401.html?spm=a2700.7724857.29.92.6NolE retrieved in 13/12/2015

46- http://www.alibaba.com/product-detail/Biogas-engine-generator_446461937.html retrieved in 13/12/2015

47- http://www.alibaba.com/product-detail/Automatical-fill-water-color-steel-vacuum_1162333739.html?spm=a2700.7724838.30.141.nWKMvE retrieved in 13/12/2015

48- http://www.alibaba.com/product-detail/kitchen-sink-grinder-HQ-9365L_1896648599.html?spm=a2700.7724838.30.18.Pv3Iwp&s=p retrieved in 13/12/2015

49- http://www.alibaba.com/product-detail/Residential-Durable-Off-Grid-2KW-Solar_522820117.html?spm=a2700.7724838.30.178.jrRsQj retrieved in 13/12/2015

50- www.nairaland.com retrieved in 13/12/2015