Bull. Fac . Agric., Cairo Univ., 71: 25-36 (2020).

A COMPARATIVE STUDY OF THE COSTS OF RAISING AND DESALINATING WELL WATER IN EGYPT USING DIFFERENT ENERGY FORMS

(Received: 2.6.2020)

By
Roqaya H. Gabr and Asmaa M. Taha

Department of Agricultural Economics , Faculty of Agriculture , Zagazig University,Egypt

ABSTRACT

Groundwater plays an important role in providing Egypt with a portion of its water needs, as it comes third after the Nile River water and reused agricultural wastewater. The present study aimed to calculate the cost of raising a cubic meter of well water according to different desalination, and energy systems (solar - electrical - diesel), as well as calculating the cost of desalination of a cubic meters of well water. To achieve these objectives of the current study, several economic indicators were used, the most important of which were: the total cost per hour of operation, and the cost of lifting per cubic meter of well water subject to study. The study also estimated the cost of desalination of well water needed for human and animal use. The most important results of the study could be summarized as follow: the least costs of pumps were those of the solar energy pumps, where the cost of lifting amounted to about 0.35 pounds / hour, followed by electric pumps, where the cost of lifting amounted to about 0.80 pounds / hour, and by diesel pumps, where the cost of lifting amounted to 2.15 pounds / hour, assuming the existence of support. It was also clear that the processing units that operate with a production capacity of 20 thousand cubic meters per day are more efficient than the processing units that operate with a production capacity of 10 thousand cubic meters per day .Where the desalination cost a treated per unit of 20 thousand cobic meters perday was 0.76 L.E.L\m^3,while for processing units that have a production capacity of 10,000 cubic meters per day, the cost of desalination is about 1.27 pounds / cubic meters.

Key words*: water, wells, cost, lifting, desalination.*

دراسة مقارنة لتكاليف رفع وتحلية مياه الآبار في مصر باستخدام مصادر الطاقة المختلفة

رقية حسن جبر - أسماء محمد طه

قسم الاقتصاد الزراعي – كلية الزراعة- جامعة الزقازيق- مصر

ملخص

تؤدي المياه الجوفية دوراً مهماً في تزويد مصر بجزء من احتياجاتها المائية، حيث تأتي في المرتبة الثالثة بعد مياه نهر النيل ومياه الصرف الزراعي المعاد استخدامها. استهدفت الدراسة حساب تكلفة رفع المتر المكعب من مياه الآبار وفقا لنظم تحلية ونظم الطاقة المختلفة بأنواعها (شمسية – كهربائية – ديزل)، وحساب تكلفة تحلية متر مكعب من مياه الآبار وفقا لسعتين انتاجيتين . تم استخدام العديد من المؤشرات الاقتصادية لتحقيق هذه الأهداف وأهمها: التكلفة الإجمالية لكل ساعة تشغيل وتكلفة الرفع للمتر المكعب من مياه الآبار موضوع الدراسة، كما قدرت الدراسة مؤشر تكلفة التحلية لمياه الآبار اللازمة للاستخدام الآدمي والحيواني. وكانت أهم نتائج الدراسة أن أقل تكلفة للمضخات كانت مضخات الطاقة الشمسية حيث بلغت تكلفة الرفع حوالي 0.35 جنيه/ساعة، يليها المضخات الكهربائية حيث بلغت تكلفة الرفع حوالي 0.80 جنيه/ساعة، يليها مضخات الديزل حيث بلغت تكلفة الرفع حوالي 2.15 جنيه/ساعة بفرض وجود الدعم. كما اتضح أيضاً أن وحدات المعالجة التي تعمل بطاقة إنتاجية قدرها 20 ألف متر مكعب يومياً أكفأ من وحدات المعالجة التي تعمل بطاقة إنتاجية قدرها 10 آلاف متر مكعب يومياً، حيث بلغت تكلفة التحلية للوحدات المعالجة التي تعمل بطاقة إنتاجية قدرها 20 ألف متر مكعب يومياً حوالي 0.76 جنيه/م^3، بينما للوحدات المعالجة التي تعمل بطاقة إنتاجية قدرها 10 آلاف متر مكعب يومياً بلغت تكلفة التحلية حوالي 1.27 جنيه/م^3.

1. مقدمة

تُمثل مساحة المياه أكثر من ثلثي الكرة الأرضية، ولكن 3% فقط من المياه عذبة و97 % من المياه مالحة. و يحتوي الماء العذب على نسبة أقل من 1000 جزء في المليون من الأملاح الذائبة، بينما يحتوي الماء المالح بين 10000 و35000 جزء في المليون من الأملاح الكلية الذائبة. تواجه مصر نتيجة لذلك تحديات لتوفير احتياجات المياه في المستقبل ، لذا فمن الضروري توفير موارد مائية إضافيه تكون متاحة بتكلفة قليلة وبطريقه تضمن حماية البيئة. من أكثر الحلول التي يتزايد الاعتماد عليها للتعامل مع مشكلة ندرة المياه العذبة هي معالجة مصادر المياه المالحة، من خلال عملية تعرف باسم تحلية المياه.

تحلية المياه هي عملية تحويل المياه المالحة إلى مياه عذبة نقية صالحة للشرب والاستعمال اليومي، وتتم عبر مراحل لفصل الأملاح والمعادن من المياة المالحة، تتمثل المرحلة الأولى في المعالجة الأولية للمياه: ويتم فيها إزالة جزء كبير من المواد العالقة بالمياه كالتراب والبكتيريا، وتتم إما عن طريق المعالجة الأولية التقليدية للمياه أو عن طريق المعالجة الأولية الحديثة للمياه. ويتم في هذه العملية إضافة بعض المواد الكيميائية لتسهيل عمليات المعالجة. أما المرحلة الثانية فتتمثل في عملية إزالة الأملاح الذائبة، ويتم فيها إزالة جميع الأملاح الذائبة في المياه والفيروسات والمواد الأخرى كالمواد الكيميائية والعضوية المنقولة والذائبة في الماء، وتتم عن طريق استخدام الأغشية أو التقطير. تتمثل المرحلة الثالثة في المعالجة النهائية للمياه، ويتم فيها إضافة بعض الأملاح والمواد الأخرى لجعل الماء صالحا للإستخدام البشري وهذا يتم فقط عندما يكون الهدف من العملية خدمة المرافق التابعة للإستهلاك المباشر للبشر كالشرب أو الاستخدام المنزلي أو الزراعة. ولا يتم إضافة الأملاح إذا كان الغرض منها استخدامات في تطبيقات الصناعة والأدوية لأنها تؤثر سلبا على جودة المنتج (Wayback Machine, 2017).

تتم عملية تحلية المياه بطرق متعددة من أهمها التناضح العكسي أو استخدام الأغشية وهي تعمل بالطاقة الكهربائية، أو طريقة التقطير إما تقطير عادي أو ومضي أو التقطير بالطاقة الشمسية، أو طريقة التبادل الأيوني أو طريقة التجميد. تعتمد عملية تحلية المياه على وجود طاقة، وتتعدد مصادر هذه الطاقة إما طاقة كهربائية أو شمسية أو الوقود الأحفوري وأيضا طاقة الرياح (وزارة المياه والكهرباء ،2017).

من التقنيات المستخدمة في تحلية المياه استخدام مضخات المياه الشمسية والتي تعتمد على الطاقة الشمسية المتولدة من أشعة الشمس في تسخين الماء المالح حتى يتبخر ويتكثف بعد ذلك على أسطح باردة وتجميعه في مواسير. ومن مزايا هذه التقنية توافر الطاقة الشمسية بصورة منتظمة، على عكس طاقة الرياح غير المنتظمة فيصعب الاعتماد عليها لتوليد الطاقة، وتوفير الماء للوديان والمنازل البعيدة عن العمران وشبكة الكهرباء العمومية. كذلك تستخدم الشمس كمصدر للطاقة بدل من الوقود مما يقلل من مصاريف التشغيل. وأيضا تعمل طلمبات الطاقة الشمسية تلقائيا بعد شروق الشمس دون الحاجة للمتابعة البشرية مما يقلل من تكاليف التشغيل، وسهولة التركيب دون الحاجة لتمديد كابلات للربط بشبكة الكهرباء العامة. وتعتبر الطاقة الشمسية نظيفة ولا تسبب تلوث للمياه الجوفية أو الهواء كما في المضخات التي تعمل بالوقود (إلهام محمد عبد العظيم علي ،2019).

أما من عيوب مضخات المياه الشمسية فتتمثل في ارتفاع التكلفة الأولية للنظام، ويقل معدل تدفق المياه من طلمبات الطاقة الشمسية بنسبة تصل إلى 30% خلال الشتاء لأن الخلايا تنتج كميات أقل من الطاقة. كذلك يجب إخلاء موقع النظام الشمسي من أي أشجار أو مباني مرتفعة أوعوائق قد تتسبب في وجود ظلال تقلل من إنتاجية الألواح. وتتطلب صيانة الطلمبات خبرات فنية خاصة (النصر للطاقة الشمسية ،2019).

2.المشكلة البحثية

تعتبر المياه العذبة مطلب أساسي للإنتاج الزراعي والاستهلاك البشري. إلا أن موارد المياه العذبة آخذة في الانخفاض بشكل كبير تبعا للعديد من العوامل التي تشمل الظروف المناخية والنمو السكاني، لذا ستزداد الحاجة إلى استخدام موارد مياه الآبار التي لا تستخدم لشدة ملوحتها حيث يصل تركيز الاملاح الذائبة بها إلى حوالي 4 آلاف جزء في المليون. من هنا تظهر مشكلة ملوحة المياه في كثير من المياه الجوفية، ويتم استخدام عدد كبير من أنظمة تحلية المياه. إلا أن أنظمة تحلية المياه التقليدية مكلفة، حيث يحتاج تشغيلها إلى قدر كبير من الكهرباء. كما تحتاج تكاليف باهظة لإنشاء هذه الأنظمة (محطات المعالجة) ،وتتوقف هذه التكاليف على درجة ملوحة المياه وعمق البئر وتصرف البئر ونوع التكنولوجيا المستخدمة.

3. أهداف البحث

الهدف الأساسي من هذه الدراسة هو حساب تكلفة رفع المتر المكعب من مياه الآبار وفقا لنظم تحلية ونظم طاقة مختلفة (شمسية – كهربائية – ديزل)، وحساب تكلفة تحلية متر مكعب من مياه الآبار. كذلك المقارنة بينها وفقا لسعات إنتاجية مختلفة ووفقا لنظم تشغيل مختلفة في عينة الدراسة، ومقارنة هذه التكلفة مع تكلفة متر مكعب من المياه التي تقوم بتحليتها الحكومة وتقدمها للاستهلاك الآدمي المباشر، وأيضاً مقارنة هذه التكلفة مع تكلفة المياه المعدنية الموجودة في الأسواق المصرية.

4. الطريقة البحثية ومصادر البيانات

استخدمت الدراسة نوعين من البيانات، تمثل المصدر الأول في البيانات الثانوية المنشورة التي تم تجميعها من البنك الزراعي المصري، ووزارة الموارد المائية والري بالإضافة إلى الدراسات وثيقة الصلة بموضوع الدراسة. وتمثل المصدر الثاني في بيانات ميدانية أولية خاصة بتكاليف حفر وإنشاء وتشغيل الآبار الأرتوازية، وتكاليف

المضخة لرفع المياه الجوفية من الآبار وفقا لمصادر تشغيل مختلفة من كهرباء أو ديزل أوطاقة شمسية. هذه البيانات الأولية تم تجميعها من 15 مزرعة تستخدم المصادر الثلاث السابقة في تشغيل البئر وتقع هذه المزارع في المناطق الصحراوية بمحافظات الشرقية (قرية الصالحية)، والمنيا (مركز سمالوط قرية 4)، وقنا (مركزي نقادة وقنا).

أما البيانات الميدانية الأولية الخاصة بوحدات تحلية مياة الآبار فقد تم تجميعها من مصدرين: الأول 3 مزارع (مزرعة بالقرية رقم 4 بمركز سمالوط، ومزرعة بالظهير الصحراوي بمركزنقادة والثالثة بقرية هو بمركز قنا)، بالإضافة إلى مجموعة من عروض الأسعار من الشركات الخاصة المتميزة بأدائها الكفء في مجال حفر الآبار وتحلية المياه الجوفية في مصر؛ ومن الشركات التي تم توجيه الاستبيان لها شركة سولار باورايجبت للطاقة الشمسية،(2019) وشركة برومس جروب، وشركة النيل لحفرالآبار، وشركة الخضراء، وشركة شرف لاند،وشركة تراست وورلد تكنولوجيا معالجة مياه الشرب والبيئة،(2019) وشركة جرين فلات الزراعية، وشركة ميريامكو،وشركة فيوتشر انترنشيونال لاستخراج وتنقية المياه الجوفية وطلمبات الري والطاقة؛ خاصة بعد اتجاه وزارة الري والموارد المائية في العقد الأخير إلى إسناد عمليات حفر الأرتوازي ومعالجته إلى القطاع الخاص واستبعاد الشركات الحكومية من خلال المناقصات والمزايدات التي تعلن عنها الحكومة في الجرائد الرسمية.

استخدمت الدراسة أسلوب التحليل الوصفي المتمثل في المتوسطات الحسابية والنسب المئوية، كما استخدمت الدراسة أسلوب التحليل الكمي المتمثل في عدد من الأساليب والمؤشرات الاقتصادية اللازمة لتحقيق أهداف الدراسة وأهمها تقدير إهلاك البئر والمضخة وكذلك تقدير التكلفة الإجمالية لكل ساعة تشغيل وتكلفة رفع المتر المكعب من مياه الآبار موضوع الدراسة. كما قدرت الدراسة مؤشر تكلفة التحلية لمياه الآبار اللازمة للاستخدام الآدمي والحيواني والاستخدامات المنزلية .

5. النتائج ومناقشتها

1.5 . تكلفة رفع مترمكعب من مياه الآبار باستخدام مصادر الطاقة المختلفة للمضخات

تتوقف تكلفة رفع مترمكعب مياه على عديد من العوامل التي يمكن تقسيمها إلى عاملين رئيسيين هما التكاليف الثابتة والتكاليف المتغيرة، والمتغيرات المؤثرة في كل منهما. ب تتوقفا لتكاليف الثابتة أساسا على ما يتصل بالبئر والمضخة، وتشمل تكاليف الحفر وتكلفة المحابس وخط المواسير والمضخة الرأسية والإهلاك لهم بالإضافة إلى تكلفة خلايا الطاقة الشمسية في حالة المضخات التي تعمل بالطاقة الشمسية. تشمل التكاليف المتغيرة تكلفة الطاقة سواء كهرباء أو ديزل أو طاقة شمسية خلال الساعة وتكاليف الإصلاح والصيانة.

1.1.5. تكلفة الرفع باستخدام مضخات الكهرباء

يبين جدول (1) تكاليف رفع متر مكعب مياه من الآبار باستخدام مضخات كهربائية وفقا لأسعار الكهرباء، ويتضح أن إجمالي التكاليف الثابتة بلغت حوالي 12.93 جنيه للساعة في حالة الكهرباء المدعومة (حيث متوسط سعر الكهرباء 0.24 جنيه/كيلووات)، وكذلك في حالة الكهرباء غير المدعومة (حيث متوسط سعر الكهرباء 0.85 جنيه/كيلووات). بلغت التكاليف المتغيرة حوالي 112.794جنيه للساعة في حالة الكهرباء المدعومة وحوالي 393.125 جنيه للساعة في حالة الكهرباء غير المدعومة. من ثم بلغت تكلفة رفع المترمكعب من مياه الآبار في حالة الكهرباء المدعومة حوالى 0.79 جنيه/م^3، في حين بلغت في حالة الكهرباء غير المدعومة حوالى 2.56 جنيه/م^3، مما يعني أن طاقة التشغيل والرفع في حالة الكهرباء المدعومة أقل تكلفة من مثيلتها في حالة الكهرباء غير المدعومة، ويرجع هذا لوجود الدعم من عدمه. بالتالي توفير دعم الكهرباء لمستخدمي الآبار سيخفض من التكلفة وبالتالي يزيد من التوسع في الاستخدام.

تم حساب هذه التكاليف بناء على سعر الفائدة (10.5 %)، وكذلك على متوسط مدة التشغيل اليومي 10 ساعات، وعلى أساس عدد أيام تشغيل البئر اليومية 300 يوم/السنة لوجود أعطال وأعمال صيانة وفترات حصاد وبالتالي يتم خصم هذه الأيام من السنة، مع ثبات المتغيرات الأخرى الداخلة في الحساب لكل منهما وأهمها: (أ) قوة ماكينة الري بالكهرباء حيث بلغ 158.4 م^3/الساعة. (ج) تكاليف الصيانة والإصلاح حيث بلغت حوالي 2.917 جنيه/ساعة.

2.1.5. تكلفة الرفع باستخدام مضخات الديزل

يبين جدول (2) تكاليف رفع متر مكعب من مياه الآبار باستخدام طاقة الديزل وفقا لأسعار الديزل. وتبين أن إجمالي التكاليف الثابتة بلغت حوالي 12.93 جنيه للساعة في حالة الديزل المدعوم (حيث متوسط سعر الديزل 6.5 جنيه/لتر) وكذلك في حالة الديزل غير المدعوم (حيث متوسط سعر الديزل 7.5 جنيه/لتر). بينما بلغت التكاليف المتغيرة حوالي 327.917 جنيه للساعة في حالة الديزل المدعوم وحوالي 377.917 جنيه للساعة في حالة الديزل غير المدعوم. من ثم بلغت تكلفة رفع المترالمكعب من مياه الآبار في حالة الديزل المدعوم حوالي 2.152 جنيه/م^3، في حين بلغت في حالة الديزل غير المدعوم حوالي 2.468 جنيه/م^3، مما يعني أن طاقة التشغيل والرفع في حالة الديزل المدعوم أقل تكلفة من مثيلتها في حالة الديزل غير المدعوم ويرجع ذلك لوجود الدعم من عدمه. تم حساب هذه التكاليف كما في حالة استخدام المضخات الكهربائية.

3.1.5. تكلفة الرفع باستخدام مضخات الطاقة الشمسية

يبين جدول (3) تكاليف رفع متر مكعب مياه من الآبار باستخدام الطاقة الشمسية وفقا لتكلفة خلايا الطاقة الشمسية. تبين أن إجمالي التكاليف الثابتة بلغت حوالي 18.9 جنيه للساعة، حيث تمثلت في كل من تكلفة الطاقة الشمسية

جدول (1): تكاليف رفع متر مكعب مياه من الآبار باستخدام مضخات كهربائية وفقا لأسعار الطاقة.

البنود	الوحدة	كهرباء مدعومة	كهرباء غير مدعومة
أولا: التكاليف الثابتة			
1- تكاليف إنشاء البئر			
عمق البئر	متر	100	100
تكاليف الحفر لكل متر عمق	جنيه /متر	450	450
إجمالى تكلفة الحفر[1]	جنيه	45000	45000
متوسط عمر البئر الإنتاجى بالسنة	سنة	25	25
متوسط عدد أيام تشغيل البئر سنويا	يوم	300	300
متوسط عدد ساعات التشغيل اليومي	ساعة	10	10
العمر الإنتاجي للبئر بالساعة[2]	ساعة	75000	75000
إهلاك البئر بالساعة[3]	جنيه /ساعة	0.6	0.6
2- تكاليف المضخة			
تكلفة المحبس وخط المواسير والطلمبة الغاطسة (25 حصان)	جنيه	157500	157500
متوسط عمر الإنتاجي للمضخة	سنة	10	10
متوسط عدد أيام تشغيل المضخة سنويا	يوم	300	300
متوسط عدد ساعات التشغيل اليومي للمضخة	ساعة	10	10
العمر الإنتاجى للمضخة بالساعة[4]	ساعة	30000	30000
إهلاك المضخة ومشتملاتها بالساعة[5]	جنيه /ساعة	5.25	5.25
إجمالي الإهلاك للبئر والمضخة بمشتملاتها	جنيه /ساعة	5.85	5.85
معدل الفائدة[6]	%	0.105	0.105
الفائدة على رأس المال المستثمر في البئر[7]	جنيه /سنة	4725	4725
الفائدة على رأس المال المستثمر في المضخة ومشتملاتها[8]	جنيه /سنة	16537.5	16537.5
إجمالي الفائدة على رأس المال المستثمر[9]	جنيه /سنة	21262.5	21262.5
إجمالي الفائدة على رأس المال المستثمر	جنيه /ساعة	7.088	7.088
إجمالي التكاليف الثابتة للساعة[10]	جنيه /ساعة	12.938	12.938
ثانيا: التكاليف المتغيرة			
طاقة المضخة	حصان ميكانيكي	25	25
متوسط استهلاك الكهرباء	كيلووات/ساعة	18.38	18.38
متوسط سعر الكهرباء	جنيه/ كيلووات	0.24	0.85
تكاليف الكهرباء[11]	جنيه /ساعة	110.29	390.63
الصيانة والإصلاحات[12]	جنيه /ساعة	2.5	2.5
إجمالي التكاليف المتغيرة بالساعة[13]	جنيه /ساعة	112.794	393.125
إجمالي التكاليف الكلية بالساعة	جنيه /ساعة	125.738	406.068
ثالثا: تكاليف المتر المكعب			
متوسط تصرف البئر في الساعة[14]	متر مكعب/ساعة	158	158
تكاليف رفع متر مكعب[15]	جنيه /متر مكعب	0.79	2.56

(1) إجمالي تكلفة الحفر= عمق البئر x تكاليف الحفر لكل مترعمق.
(2) العمرالانتاجي للبئر بالساعة=متوسط عمر البئر الإنتاجي بالسنةxمتوسط عدد أيام تشغيل البئر سنويا x متوسط عدد ساعات التشغيل اليومي.
(3) إهلاك البئر = العمرالانتاجى للبئر بالساعة ÷ إجمالى تكلفة الحفر.
(4) العمرالانتاجى للمضخة بالساعة=متوسط عمر المضخة الإنتاجى بالسنةxمتوسط عدد أيام تشغيل المضخة سنوياx متوسط عدد ساعات التشغيل اليومي.
(5) إهلاك المضخة = تكلفة المحبس وخط المواسير والطلمبة الغاطسة ÷ العمر الإنتاجى للمضخة بالساعة.
(6) نشرة البنك الزراعى المصرى (2019).
(7) الفائدة على رأس المال المستثمر في البئر= معدل الفائدة x إجمالى تكلفة الحفر.
(8) الفائدة على رأس المال المستثمر في المضخة = معدل الفائدة x تكلفة المحبس وخط المواسير والطلمبة الغاطسة.
(9) إجمالي الفائدة على رأس المال المستثمر= الفائدة على رأس المال المستثمر في البئر+ الفائدة على رأس المال المستثمر في المضخة.
(10) إجمالى التكاليف الثابتة = إجمالي الفائدة على رأس المال المستثمر + إجمالي الإهلاك للبئر والمضخة بمشتملاتها.
(11) تكاليف الكهرباء= متوسط سعر الكهرباء x متوسط استهلاك الكهرباء x طاقة المضخة.
(12) إجمالي تكاليف الصيانة والإصلاح= 30 x تكاليف المضخة ÷ 100 (تم استخدام 30% وفقا لآراء المبحوثين).
(13) إجمالي التكاليف المتغيرة بالساعة= تكلفة الكهرباء بالساعة + تكاليف الاصلاح والصيانة.
(14) متوسط تصرف البئر= عدد الليترات x 60x60 ÷ 1000 .
(15) تكلفة رفع م^3 مياه = التكلفة الإجمالية لكل ساعة تشغيل ÷ تصرف البئر.
المصدر: جمعت و حسبت من بيانات عينة ميدانية لعام 2020/2019.

جدول (2): تكاليف رفع متر مكعب مياه من الآبار باستخدام مضخات ديزل وفقا لأسعار الطاقة.

البنود	الوحدة	ديزل مدعوم	ديزل سعر حر
أولا: التكاليف الثابتة			
1- تكاليف انشاء البئر			
عمق البئر	متر	100	100
تكاليف الحفر لكل متر عمق	جنيه/متر	450	450
إجمالي تكلفة الحفر	جنيه	45000	45000
متوسط عمر البئر الإنتاجي بالسنة	سنة	25	25
متوسط عدد أيام تشغيل البئر سنويا	يوم	300	300
متوسط عدد ساعات التشغيل اليومي	ساعة	10	10
العمر الإنتاجي للبئر بالساعة	ساعة	75000	75000
إهلاك البئر بالساعة	جنيه/ساعة	0.6	0.6
2- تكاليف المضخة			
تكلفة المحبس وخط المواسير والطلمبة الغاطسة (25 حصان)	جنيه	157500	157500
متوسط عمر الإنتاجي للمضخة	سنة	10	10
متوسط عدد أيام تشغيل المضخة سنويا	يوم	300	300
متوسط عدد ساعات التشغيل اليومي للمضخة	ساعة	10	10
العمر الإنتاجي للمضخة بالساعة	ساعة	30000	30000
إهلاك المضخة ومشتملاتها بالساعة	جنيه/ساعة	5.25	5.25
إجمالي الإهلاك للبئر والمضخة بمشتملاتها	جنيه/ساعة	5.85	5.85
معدل الفائدة	%	0.105	0.105
الفائدة على رأس المال المستثمر في البئر	جنيه/سنة	4725	4725
الفائدة على رأس المال المستثمر في المضخة ومشتملاتها	جنيه/سنة	16537.5	16537.5
إجمالي الفائدة على رأس المال المستثمر	جنيه /سنة	21262.5	21262.5
إجمالي الفائدة على رأس المال المستثمر	جنيه /ساعة	7.088	7.088
إجمالي التكاليف الثابتة للساعة	جنيه /ساعة	12.938	12.938
ثانيا: التكاليف المتغيرة			
طاقة المضخة	حصان ميكانيكي	25	25
متوسط استهلاك الديزل	لتر/ساعة	2	2
متوسط سعر الديزل	جنيه / لتر	6.5	7.5
تكاليف الديزل	جنيه/ ساعة	325	375
الصيانة والإصلاحات*	جنيه / ساعة	2.917	2.917
إجمالي التكاليف المتغيرة بالساعة	جنيه / ساعة	327.917	377.917
إجمالي التكاليف الكلية بالساعة	جنيه / ساعة	340.854	390.854
ثالثا: تكاليف المتر المكعب			
متوسط تصرف البئر في الساعة	متر مكعب/ ساعة	158.4	158.4
تكاليف رفع متر مكعب	جنيه / متر مكعب	2.152	2.468

* إجمالي تكاليف الصيانة والإصلاح= 35 x تكاليف المضخة ÷ 100 (تم استخدام 35 % وفقا لآراء المبحوثين)

المصدر: جمعت وحسبت من بيانات عينة ميدانية لعام 2020/2019.

بلغت حوالي 137.5 ألف جنيه، وإجمالي الفائدة على رأس المال المستثمر بلغت حوالي 11.5 جنيه/ساعة، وإجمالي الإهلاك للبئر والمضخة بمشتملاتها والخلايا الشمسية بلغ حوالي 7.35 جنيه/ساعة.

أما بالنسبة للتكاليف المتغيرة بلغت حوالي 2.39 جنيه للساعة، تمثلت في تكاليف الإصلاح والصيانة بلغت قيمتها حوالي 2.39 جنيه للساعة، وهي تمثل حوالي 35 % من قيمة المضخة (137.5 ألف جنيه). بلغت تكلفة رفع المترالمكعب من مياه الآبار حوالي 0.35 جنيه/م^3 حيث بلغ متوسط تصرف البئر حوالي 60 م^3/الساعة. تم حساب هذه التكاليف بناء على نفس الفروض السابق الاعتماد عليها في حساب جدول (2،1).

جدول (3): تكاليف رفع متر مكعب مياه من الآبار باستخدام مضخات تعمل بالطاقة الشمسية.

البنود	الوحدة	القيمة
اولا: التكاليف الثابتة		
1- تكاليف انشاء البئر		
عمق البئر	متر طولي	100
متوسط عمر البئر الإنتاجي بالسنة	سنة	25
متوسط عدد ايام تشغيل البئر سنويا	يوم	300
متوسط عدد ساعات التشغيل اليومي	ساعة	10
العمر الإنتاجي للبئر بالساعة	ساعة	75000
تكاليف الحفر لكل متر عمق	جنيه	450
إجمالى تكلفة الحفر	جنيه	45000
إهلاك البئر بالساعة	جنيه	0.60
2- تكاليف المضخة		
تكلفة المحبس وخط المواسير والطلمبة الغاطسة (16 حصان)	جنيه	147500
متوسط عمر الإنتاجي للمضخة	سنة	10
متوسط عدد ايام تشغيل المضخة سنويا	يوم	300
متوسط عدد ساعات التشغيل اليومي للمضخة	ساعة	10
العمر الإنتاجي للمضخة بالساعة	ساعة	30000
إهلاك المضخة ومشتملاتها بالساعة	جنيه / ساعة	4.92
3- تكاليف الطاقة الشمسية		
تكلفة خلايا الطاقة الشمسية	جنيه	137500
متوسط العمر الإنتاجي بالسنة	سنة	25
متوسط عدد ايام تشغيل سنويا	يوم	300
متوسط عدد ساعات التشغيل اليومي	ساعة	10
متوسط العمر الإنتاجي للخلايا بالساعة	ساعة	75000
إهلاك الخلايا الشمسية(1)	جنيه / ساعة	1.83
إجمالي الإهلاك للبئر والمضخة بمشتملاتها والخلايا الشمسية(2)	جنيه / ساعة	7.35
معدل الفائدة	%	%10.5
الفائدة على رأس المال المستثمر في البئر(3)	جنيه	4725
الفائدة على رأس المال المستثمر في المضخة ومشتملاتها(4)	جنيه	15488
الفائدة على رأس المال المستثمر في الخلايا الشمسية(5)	جنيه	14438
إجمالي الفائدة على راس المال المستثمر(6)	جنيه	34650
إجمالي الفائدة على رأس المال المستثمر	جنيه / ساعة	11.55
إجمالي التكاليف الثابتة للساعة	جنيه / ساعة	18.90
ثانيا: التكاليف المتغيرة		
تكاليف الصيانة والإصلاح35% من قيمة المضخة	جنيه /ساعة	2.39
إجمالي التكاليف المتغيرة	جنيه /ساعة	2.39
التكلفة الإجمالية لكل ساعة تشغيل(7)	جنيه / ساعة	21.29
ثالثا: التكلفة لكل متر م^3 ماء		
تصرف البئر	متر مكعب	60
تكلفة الرفع للمتر المكعب من الماء	جنيه / متر مكعب	0.35

(1) إهلاك الخلايا الشمسية = تكلفة خلايا الطاقة الشمسية ÷ متوسط العمر الإنتاجي للخلايا بالساعة.
(2) إجمالي الإهلاك للبئر والمضخة بمشتملاتها والخلايا الشمسية = إهلاك البئر بالساعة +إهلاك المضخة ومشتملاتها بالساعة +إهلاك الخلايا الشمسية.
(3) الفائدة على رأس المال المستثمر في البئر= معدل الفائدة * إجمالي تكلفة الحفر.
(4) الفائدة على رأس المال المستثمر في المضخة ومشتملاتها= معدل الفائدة* تكلفة المحبس وخط المواسير والطلمبة الغاطسة (16 حصان).
(5) الفائدة على رأس المال المستثمر في الخلايا الشمسية = معدل الفائدة * تكلفة خلايا الطاقة الشمسية.
(6) إجمالي الفائدة على رأس المال المستثمر= الفائدة على رأس المال المستثمر في البئر+ الفائدة على رأس المال المستثمر في المضخة ومشتملاتها + الفائدة على رأس المال المستثمر في الخلايا الشمسية.
(7) التكلفة الإجمالية لكل ساعة تشغيل = إجمالي التكاليف الثابتة للساعة + إجمالي التكاليف المتغيرة.

المصدر: جمعت وحسبت من بيانات عينة ميدانية لعام 2020/2019.

2.5 تحليل مقارن لتكاليف رفع مترمكعب مياه باستخدام المضخات المختلفة

يوضح جدول (4) مقارنة لتكاليف رفع مترمكعب من مياه الآبار باستخدام المضخات المختلفة التي تعمل بالكهرباء والديزل والطاقة الشمسية. تبين أن المضخات الكهربائية في حالة وجود دعم للكهرباء؛ بلغت التكاليف الثابتة بها حوالي 10.3 % من إجمالي التكاليف الكلية، أما التكاليف المتغيرة فقد بلغت نسبتها حوالي 98.7 % من إجمالي التكاليف الكلية. بينما المضخات الكهربائية بدون وجود دعم للكهرباء؛ بلغت التكاليف الثابتة حوالى 3.2 %

جدول (4): مقارنة تكاليف توزيع متر مكعب مياه باستخدام المضخات المختلفة.

البنود	مضخات بالكهرباء				مضخات ديزل				مضخات بالطاقة الشمسية	
	وجود دعم جنيه/ساعة	%	بدون دعم جنيه/ساعة	%	وجود دعم جنيه/ساعة	%	بدون دعم جنيه/ساعة	%	جنيه/ساعة	%
إجمالي التكاليف الثابتة للساعة	12.94	10.29	12.94	3.19	12.94	3.8	12.94	3.31	18.9	88.77
إجمالي التكاليف المتغيرة بالساعة	112.794	89.71	393.125	96.81	327.92	96.2	377.92	96.69	2.39	11.23
إجمالي التكاليف الكلية بالساعة	125.732	100	406.063	100	340.854	100	390.854	100	21.29	100
تكاليف رفع م^3	0.79	-	2.56	-	2.15	-	2.47	-	0.35	-

المصدر: حسبت من الجداول (1، 2، 3).

من إجمالي التكاليف الكلية، أما التكاليف المتغيرة فقد بلغت نسبتها حوالى 96.8 % من إجمالي التكاليف الكلية.

أما بالنسبة للمضخات التي تعمل بطاقة الديزل وفي وجود دعم للديزل؛ بلغت التكاليف الثابتة حوالي 3.8 % من إجمالي التكاليف الكلية، أما التكاليف المتغيرة فقد بلغت نسبتها حوالي 96.2 % من إجمالي التكاليف الكلية. بينما المضخات التي تعمل بطاقة الديزل بدون وجود دعم للديزل؛ بلغت التكاليف الثابتة حوالي 3.3 % من إجمالي التكاليف الكلية، أما التكاليف المتغيرة فقد بلغت نسبتها حوالي 96.7 % من إجمالي التكاليف الكلية.

بالنسبة للمضخات التي تعمل بالطاقة الشمسية؛ بلغت التكاليف الثابتة بها حوالي 88.77 % من إجمالي التكاليف الكلية، أما التكاليف المتغيرة فقد بلغت نسبتها حوالي 11.23 % من إجمالي التكاليف الكلية.

بمقارنة تكلفة الرفع باستخدام المضخات السابق ذكرها؛ وجد أن أقل تكلفة للمضخات كانت مضخات الطاقة الشمسية حيث بلغت تكلفة الرفع حوالى 0.35 جنيه/ساعة، يليها مضخات الديزل حيث بلغت تكلفة الرفع حوالي 2.47 جنيه/ساعة، يليها المضخات الكهربائية حيث بلغت تكلفة الرفع حوالي 2.56 جنيه/ ساعة.

3.5 تكلفة معالجة أو تحلية المتر المكعب من مياه الآبار

تعمل محطات تحلية مياه الآبار في مصر على معالجة المياه من خلال إزالة الأملاح والعناصر الضارة، وقد أدى نقص إمدادات المياه الصالحة للشرب إلى توسيع نطاق استخدام محطات تحلية المياه المالحة. هناك العديد من نظم ووحدات تحلية مياه الآبار إما لغرض الاستخدام البشري أو الحيواني، وإما لغرض التصنيع الزراعي في المناطق غير الآهلة بالسكان والمناطق الصحراوية والنائية. تقتصر الدراسة على وحدات المعالجة ذات الطاقة الإنتاجية التي تفي باحتياجات الأفراد من استخدامها لأغراض الشرب للإنسان أو الحيوانات والأغراض المنزلية في المناطق الصحراوية حيث لاتتوفر خطوط مياه صالحة للشرب من قبل الدولة (معهد التخطيط القومي،2017).

وقد اقتصرت الدراسة على نوعان من وحدات المعالجة بالطاقة الشمسية، يتمثل النوع الأول في وحدة معالجة أو تحلية المياه بطاقة إنتاجية قدرها 10 متر مكعب يومياً، أما النوع الثاني يتمثل في وحدة معالجة أو تحلية المياه بطاقة إنتاجية قدرها 20 متر مكعب يومياً. وتحتاج وحدات معالجة المياه الجوفية إلى العديد من المعاملات الفنية اللازمة لكي تعطي الطاقة الإنتاجية المستهدفة مشار إليها بالملحق.

1.3.5. تقدير تكاليف معالجة أو تحلية المتر المكعب من مياه الآبار

استخدمت الدراسة نوعين من الآبار المخصصة لأغراض الشرب والاستخدام الآدمي والحيواني والاستخدامات المنزلية. يتمثل النوع الأول في الآبار التي تقدر طاقاتها الإنتاجية بحوالي 10 متر مكعب يوميا، ويتمثل النوع الثاني في الآبار التي تقدر طاقاتها الإنتاجية بحوالي 20 متر مكعب يوميا.

1.1.3.5. تقدير تكاليف معالجة أو تحلية المتر المكعب من مياه الآبار بتصرف 10 م^3

يبين جدول (5) تكاليف تحلية متر مكعب مياه من الآبار باستخدام الطاقة الشمسية بتصرف 10 متر مكعب من وحدة المعالجة (التحلية). تبين أن إجمالي التكاليف الثابتة بلغت حوالي 6.7 جنيه للساعة. أما التكاليف المتغيرة بلغت حوالي 6 جنيه للساعة، تمثلت في كل من تكاليف الإصلاح والصيانة بلغت قيمتها حوالي 6 جنيه للساعة. بلغت تكلفة تحلية المتر المكعب من مياه الآبار حوالي 1.27 جنيه/م^3 حيث بلغ متوسط تصرف وحدة المعالجة حوالي 10 آلاف م^3/ساعة.

تم حساب هذه التكاليف بناءا على سعر الفائدة على الإقراض (10.5 %)، وكذلك على متوسط مدة التشغيل اليومي 10 ساعات، وعلى أساس عدد أيام تشغيل البئر اليومية 300 يوم/السنة لوجود أعطال وأعمال صيانة وفترات حصاد وبالتالي يتم خصم هذه الأيام من السنة.

جدول (5): تكاليف تحلية أو معالجة متر مكعب من مياه الآبار بطاقة إنتاجية قدرها 10 متر مكعب يومياً.

البنود	الوحدة	طاقة 10 م^3
أولاً: التكاليف الثابتة		
تكلفة خلايا الطاقة الشمسية ومستلزماتها المختلفة	جنيه	95000
متوسط العمر الإنتاجي للوحدة بالسنة	سنة	25
متوسط عدد أيام التشغيل سنويا	يوم	300
متوسط عدد ساعات التشغيل اليومي	ساعة	10
العمر الإنتاجي للوحدة بالساعة	ساعة	75000
متوسط إهلاك الخلايا الشمسية ومستلزماتها	جنيه /ساعة	1.267
تكلفة إنشاء غرفة الوحدة	جنيه	44000
إهلاك غرفة الوحدة	جنيه /ساعة	0.587
معدل الفائدة	%	0.105
الفائدة على رأس المال المستثمر في الخلايا الشمسية	جنيه	9975
الفائدة على رأس المال المستثمر في الخلايا الشمسية بالساعة	جنيه /ساعة	3.325
الفائدة على رأس المال المستثمر في غرفة الوحدة	جنيه	4620
الفائدة على رأس المال المستثمر في غرفة الوحدة بالساعة	جنيه /ساعة	1.54
إجمالي التكاليف الثابتة للساعة	جنيه /ساعة	6.718
ثانياً: التكاليف المتغيرة		
عقد صيانة سنوي شامل تغيير الشمعات والفلاتر وسائل الترسيب	جنيه	18000
الصيانة السنوي بالساعة	جنيه /ساعة	6
إجمالي التكاليف المتغيرة	جنيه /ساعة	6
التكلفة الإجمالية لكل ساعة تشغيل	جنيه /ساعة	12.718
ثالثاً: التكلفة لكل متر م^3 ماء		
تصرف وحدة المعالجة أو التحلية	متر مكعب	10.000
تكلفة تحلية أو معالجة المتر المكعب من الماء	جنيه /متر مكعب	1.272

المصدر: جمعت وحسبت من بيانات عينة ميدانية لعام 2020/2019.

2.1.3.5.تقدير تكاليف معالجة أو تحلية المتر المكعب من مياه الآبار بتصرف 20 م^3

يبين جدول (6) تكاليف تحلية متر مكعب مياه الآبار باستخدام الطاقة الشمسية بتصرف 20 متر مكعب من وحدة المعالجة (التحلية). تبين أن إجمالي التكاليف الثابتة بلغت حوالي 9.35 جنيه للساعة، حيث تمثلت في كل من تكلفة الطاقة الشمسية بلغت حوالي149.500 ألف جنيه، وإجمالي الفائدة على رأس المستثمر في غرفة الوحدة بلغت حوالي 1.5جنيه/ساعة، وإجمالي الإهلاك لغرفة الوحدة بمشتملاتها والخلايا الشمسية بلغ حوالي 0.58 جنيه/ساعة.

أما بالنسبة للتكاليف المتغيرة بلغت حوالي 6 جنيه للساعة، تمثلت في كل من تكاليف الإصلاح والصيانة بلغت قيمتها حوالى 6 جنيه للساعة. بلغت تكلفة تحلية المترالمكعب من مياه الآبار حوالي 0.76 جنيه/م^3 حيث بلغ متوسط تصرف وحدة المعالجة حوالي 20 آلاف م^3/الساعة.

تم حساب هذه التكاليف باستخدام نفس الافتراضات السابق الإشارة إليها في جدول (5).

3.1.3.5.إجمالي تكاليف رفع وتحلية مياه الآبار وفقا لنظم رفع مختلفة

يوضح جدول (7) مقارنة لتكاليف رفع وتحلية المترالمكعب من مياه الآبار باستخدام مضخات تعمل بالكهرباء والديزل والطاقة الشمسية. تبين عند استخدام وحدات المعالجة أو التحلية التي تعمل بطاقة إنتاجية قدرها 10 آلاف متر مكعب يوميا أن إجمالى تكاليف الرفع والتحلية للمترالمكعب من مياه الآبار بلغت حوالي 2.06 جنيه/م^3 باستخدام مضخات كهربائية مع دعم الكهرباء، في حين بلغت حوالي 3.83 جنيه/م^3 باستخدام مضخات كهربائية مع أسعار حرة للكهرباء. بينما بلغت حوالى 3.42 جنيه /م^3 باستخدام مضخات ديزل مع دعم الديزل، في حين بلغت حوالي 3.73 جنيه/م^3 باستخدام مضخات ديزل مع أسعار الديزل غير المدعمة، وبلغت حوالي 1.61 جنيه/م^3 باستخدام مضخات تعمل بالطاقة الشمسية.

وعند استخدام وحدات المعالجة أو التحلية التي تعمل بطاقة إنتاجية قدرها 20 آلاف متر مكعب يوميا تبين أن إجمالى تكاليف الرفع والتحلية للمترالمكعب من مياه الآبار بلغت حوالي 1.56 جنيه /م^3 باستخدام مضخات كهربائية مع دعم الكهرباء، في حين بلغت حوالي 3.32 جنيه/م^3 باستخدام مضخات كهربائية مع أسعار حرة للكهرباء. بينما بلغت حوالي 2.91 جنيه/م^3 باستخدام مضخات ديزل مع دعم الديزل، في حين بلغت حوالي 3.22 جنيه/م^3 باستخدام مضخات ديزل مع أسعار الديزل غير المدعمة، وبلغت حوالي 1.11 جنيه/م^3 باستخدام مضخات تعمل بالطاقة الشمسية.

بمقارنة تكلفة الرفع والتحلية باستخدام المضخات السابق ذكرها عند استخدام وحدات معالجة تعمل بطاقة إنتاجية قدرها 10 آلاف متر مكعب يوميا؛ وجد أن أكفأ المضخات كانت مضخات الطاقة الشمسية حيث بلغت تكلفة الرفع حوالى 1.6 جنيه/ساعة، يليها المضخات الكهربائية حيث بلغت تكلفة الرفع حوالي 2.06 جنيه/ساعة، يليها مضخات الديزل حيث بلغت تكلفة الرفع حوالي 3.42

جدول (6): تكاليف تحلية أو معالجة متر مكعب من مياه الآبار بطاقة إنتاجية قدرها 20 متر مكعب يومياً.

البنود	الوحدة	طاقة 20 م^3
أولا: التكاليف الثابتة		
تكلفة خلايا الطاقة الشمسية ومستلزماتها المختلفة	جنيه	149500
متوسط العمر الإنتاجى للوحدة بالسنة	سنة	25
متوسط عدد ايام تشغيل سنويا	يوم	300
متوسط عدد ساعات التشغيل اليومي	ساعة	10
العمر الإنتاجى للوحدة بالساعة	ساعة	75000
متوسط إهلاك الخلايا الشمسية ومستلزماتها	جنيه /ساعة	1.993
تكلفة إنشاء غرفة الوحدة	جنيه	44000
إهلاك غرفة الوحدة	جنيه /ساعة	0.587
معدل الفائدة	%	0.105
الفائدة على راس المال المستثمر في الخلايا الشمسية	جنيه	15697.5
الفائدة على راس المال المستثمر في الخلايا الشمسية بالساعة	جنيه /ساعة	5.2325
الفائدة على راس المال المستثمر في غرفة الوحدة	جنيه	4620
الفائدة على راس المال المستثمر في غرفة الوحدة بالساعة	جنيه /ساعة	1.54
إجمالي التكاليف الثابتة للساعة	جنيه /ساعة	9.353
ثانيا: التكاليف المتغيرة		
عقد صيانة سنوي شامل تغيير الشمعات والفلاتر وسائل الترسيب	جنيه	18000
الصيانة السنوي بالساعة	جنيه /ساعة	6
إجمالي التكاليف المتغيرة	جنيه /ساعة	6
التكلفة الإجمالية لكل ساعة تشغيل	جنيه /ساعة	15.353
ثالثاً: التكلفة لكل متر م^3 ماء		
تصرف وحدة المعالجة أو التحلية	متر مكعب	20.000
تكلفة تحلية أو معالجة للمتر المكعب من الماء	جنيه /متر مكعب	0.768

المصدر: جمعت وحسبت من بيانات عينة ميدانية لعام 2020/2019.

جدول (7): تكاليف رفع وتحلية او معالجة متر مكعب من مياة الابار وفقا لنظم رفع مختلفة.

البنود	الوحدة	وحدة 10 م^3	وحدة 20 م^3
تكاليف رفع متر مكعب مياه من الآبار باستخدام مضخات كهربائية مع دعم الكهرباء	جنيه/ م^3	0.796	0.796
تكاليف رفع متر مكعب مياه من الآبار باستخدام مضخات كهربائية مع أسعار حرة للكهرباء	جنيه/ م^3	2.559	2.559
تكاليف رفع متر مكعب مياه من الآبار باستخدام مضخات ديزل مع دعم الديزل	جنيه/ م^3	2.152	2.152
تكاليف رفع متر مكعب مياه من الآبار باستخدام مضخات ديزل مع أسعار غير مدعومة للديزل	جنيه/ م^3	2.460	2.460
تكاليف رفع متر مكعب مياه من الآبار باستخدام مضخات بالطاقة الشمسية	جنيه/ م^3	0.344	0.344
تكاليف رفع وتحلية متر مكعب مياه من الآبار باستخدام مضخات كهربائية مع دعم الكهرباء	جنيه/ م^3	2.068	1.564
تكاليف رفع وتحلية متر مكعب مياه من الآبار باستخدام مضخات كهربائية مع أسعار حرة للكهرباء	جنيه/ م^3	3.831	3.326
تكاليف رفع وتحلية متر مكعب مياه من الآبار باستخدام مضخات ديزل مع دعم الديزل	جنيه/ م^3	3.424	2.919
تكاليف رفع وتحلية متر مكعب مياه من الآبار باستخدام مضخات ديزل مع أسعار غير مدعومة للديزل	جنيه/ م^3	3.732	3.228
تكاليف رفع وتحلية متر مكعب مياه من الآبار باستخدام مضخات بالطاقة الشمسية	جنيه/ م^3	1.616	1.112

المصدر: جمعت وحسبت من جداول ارقام (1،2،3،4،5).

جنيه/ساعة بفرض وجود الدعم.

أما بمقارنة تكلفة الرفع والتحلية باستخدام المضخات السابق ذكرها عند استخدام وحدات معالجة تعمل بطاقة إنتاجية قدرها 20 آلاف متر مكعب يوميا؛ وجد أن أقل تكلفة للمضخات كانت مضخات الطاقة الشمسية حيث بلغت تكلفة الرفع حوالى 1.1 جنيه/ساعة، يليها المضخات الكهربائية حيث بلغت تكلفة الرفع حوالي 1.56 جنيه/ساعة، يليها مضخات الديزل حيث بلغت تكلفة الرفع حوالي 2.91 جنيه/ساعة بفرض وجود الدعم.

كما وجد أن وحدات المعالجة التي تعمل بطاقة إنتاجية قدرها 20 آلاف متر مكعب يوميا أكفأ من وحدات المعالجة

التي تعمل بطاقة إنتاجية قدرها 10 آلاف متر مكعب يوميا، حيث بلغت تكلفة التحلية للوحدات المعالجة التي تعمل بطاقة إنتاجية قدرها 20 آلاف متر مكعب يوميا حوالي 0.76 جنيه/م^3، بينما للوحدات المعالجة التي تعمل بطاقة إنتاجية قدرها 10 آلاف متر مكعب يوميا بلغت تكلفة التحلية حوالي 1.27 جنيه/م.^{3}

4.5 . تحليل مقارن بين آداء مقدمي خدمات مياه الشرب

يبين الجدول (8) سعر مياه الشرب التي تقدمها الحكومة للاستهلاك المنزلي، ويتبين ارتفاع أسعار الشرائح الكبيرة التي تستهلك كمية كبيرة من المياه عن الشرائح الصغيرة التي تستهلك كمية صغيرة من المياه، وذلك لدعم الشرائح الصغيرة حيث سياسة الشركة القابضة للمياه هي رفع أسعار الشرائح الكبيرة كأنها فرض ضريبة تعوض بها الدعم للشرائح الصغيرة.

جدول(8): تعريفة مياه الشرب المخصصة لأنشطة الاستهلاك المنزلي للعام المالي 2020/2019.

تقسيم الشرائح*	التعريفة (جنيه/م^3)
من 10 : 0 م^3	0.65
من 20 : 11 م^3	1.60
من 30 : 21 م^3	2.25
من 40 : 31 م^3	2.75
اكثر من 40 م^3	3.15

*الشرائح بالجدول للاستهلاك الشهرى

المصدر: الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي، 2020/2019.

يوضح الجدول (8) أن فئة الشريحة التي تستهلك من 0 إلى 10 متر مكعب بلغ سعرها حوالي 0.65 جنيه، وفئة الشريحة التي تستهلك من 11 إلى 20 متر مكعب بلغ سعرها حوالي 1.60 جنيه. وبمقارنة تكاليف مياه الشرب التي تُقدم من قبل الحكومة، ومشاريع محطات التحلية التي تعمل بمصادر الطاقة بأنواعها (كهرباء، ديزل، شمسية)، وشركات المياه المعدنية الموجودة في الأسواق المصرية تبين الآتي:

1.4.5. تكلفة مياه الشرب التي تقدمها الحكومة للاستهلاك المنزلي أقل من تكلفة مياه الشرب التي تقدمها مشاريع محطات التحلية التي تعمل بمصادر الطاقة بأنواعها (كهرباء، ديزل، شمسية)، وذلك عند فئة الشريحة التي تستهلك من 0 إلى 10 م^3. ويرجع ذلك إلى الدعم الكبير على مياه الشرب والذي تقدمه الحكومة للفئات الفقيرة والتي تستخدم كميات مياه شهرية أقل من 10 متر مكعب.

2.4.5. تكلفة مياه الشرب التي تقدمها الحكومة للاستهلاك المنزلي للفئة التي تستهلك من 11 إلى 20 متر مكعب شهريا أكبر من تكلفة مياه الشرب التي يتم معالجتها بمشاريع محطات التحلية التي تعمل بمصادر الطاقة الشمسية، والطاقة الكهربائية في وجود دعم للكهرباء وذلك بنحو 0.04، 0.49 جنيه/م^3 لكل منهما على الترتيب، وذلك عند فئة 11 إلى 20 م.^{3}

3.4.5. تكلفة مياه الشرب التي تقدمها الحكومة للاستهلاك المنزلي للفئة التي تستهلك من 11 الى 20 متر مكعب شهريا أقل من تكلفة مياه الشرب التي يتم معالجتها بمشاريع محطات التحلية التي تعمل بالطاقة الكهربائية غير المدعمة، والديزل في ظل وجود دعم، والديزل في ظل عدم وجود دعم بنحو 1.73 ، 1.32 ، 1.63 جنيه/م^3 على الترتيب لكل منهم، وذلك عند فئة 11 إلى 20 م.^{3}

4.4.5. غالبية مستهلكي مياه الشرب المقدمة من الحكومة يلجأون إلى تركيب الفلاتر المنزلية لمعالجة هذه المياه حتى تكون أكثر أمانا لاستخداماتهم المختلفة.

5.4.5 . تكلفة المياه الناتجة عن مشاريع محطات التحلية التي تعمل بمصادر الطاقة بأنواعها (كهرباء، ديزل، شمسية) أقل من تكلفة المياه التي تطرحها شركات المياه المعدنية الموجودة في الأسواق المصرية كما موضح بجدول (9).

6.4.5. نسبة الأملاح الذائبة في مياه مشاريع محطات التحلية التي تعمل بمصادر الطاقة بأنواعها (كهرباء، ديزل، شمسية) لا تتعدى 100 ملليموز/سم، بعكس الأملاح الذائبة الموجودة بالمياه المعدنية التي تطرحها شركات في السوق المصري فهي تتراوح بين 100 إلى 270 مللجم/لتر كما موضح بجدول (9).

جدول (9): كمية الأملاح الذائبة للمياه المعدنية التي تطرحها الشركات بالأسواق المصرية وأسعارها.

النوع	الأملاح الذائبة (ملجم/ لتر)	السعر (جنيه/لتر)	السعر (جنيه/م^3)*
دساني	153	1.83	330
نسلة	124	2.6	1100
بركة	176	2.93	1430
حياة	189	2.5	1000
فيرا	180	1.83	330
ايزيس	262	2.37	870
اكوا دلتا	268	2.43	930
اكوافينا	130	1.97	470

* للحصول على سعر المياه المعدنية الصافي للمتر المكعب تم تحويل اللتر إلى متر مكعب، وخصم ثمن العبوة فارغة، ثمن العبوة فارغة = 1.5 جنيه.

المصدر: سوق كارفور التجاري، 2020.

التوصيات

في ضوء النتائج السابقة يوصي البحث بما يلي:

1- التوسع في استخدام الطاقة الشمسية لمضخات رفع وتحلية المياه، حيث أنها أقل تكلفة عن طاقة الكهرباء والديزل في ظل الإرتفاع المستمر لتكلفة الكهرباء والزيادة المتكررة للوقود، وغير ذلك هي آمنة للبيئة ولا تسبب التلوث البيئي.

2- مساندة الحكومة لمشاريع تحلية المياه، بتقديم الدعم لمصادر الطاقة المختلفة لها.

3- الإتجاه إلى مشاريع رفع وتحلية أو معالجة المياه من الآبار، حيث أنها أقل تكلفة مقارنة بالمياه المعدنية التي تقدمها الشركات.

الملحق

المعاملات الفنية لوحدات المعالجة موضع الدراسة:

تتنوع المعاملات الفنية لوحدات المعالجة موضع الدراسة ما بين موتور مبدئي وفيزل تنقية ووسط ترشيحي وجهاز إزالة الأملاح وخزانات مياه وغرفة للمحطة أو الوحدة (وزراة الموارد المائية والري). وفيما يلي عرض موجز لخصائص كل المعاملات الفنية لكل وحدة معالجة من الوحدات موضع الدراسة.

1) المعاملات الفنية لوحدة معالجة أو تحلية المياه بطاقة إنتاجية قدرها 10 متر مكعب يومياً:

1- موتور مبدئي: مزود بجهاز فصل أوتوماتيك إيطالي قدرته 3 حصان ميكانيكي، والتغذية الكهربائية 220 فولت.

2- فيزل تنقية: برأس تحكم أمريكي يدوي 6 متر/ ساعة، والسعة الإنتاجية من 13 إلى 54

3- الوسط الترشيحي: طبقات من الجرافيل والرمل لإزالة العوالق حتى 20 ميكرون بالإضافة إلى طبقات من الرمل الناعم لإزالة الرواسب.

4- فيزل تنقية: برأس تحكم أمريكي يدوي 6 متر / ساعة، والسعة الإنتاجية من 13 إلى 54

5- الوسط الترشيحي: طبقات من الجرافيل بالإضافة إلى طبقات من الكربون النشط ماركة جاكوب السويدي لإزالة الكلور واللون والطعم والرائحة.

6- هوس 20 جامبو: مزود بشمعة بولستر 20 " 5 ميكرون أمريكي، طاقته الإنتاجية 2 متر /ساعة، الحجم من حوالي 5.4 إلي حوالي 20 " 2 هوس لغرض إزالة العوالق حتى 5 ميكرون. هذا بالإضافة إلى عدد 2 هوس، اتحادي أوروبي، بطاقة حوالي 4 متر/ ساعة لإزالة العوالق حتى 1 ميكرون.

7- جهاز إزالة الأملاح (RO): مكون من وحدة التحلية داخل غشاء استانلس أمريكية الصنع ذات طاقة إنتاجية حوالي 3000 جالون يوميا وذات حجم 40* 4" * 2 ممبرين لإزالة الأملاح والأحماض بنسبة 5.98 %

8- موتور الضغط العالي: إيطالي قدرته الميكانيكية 3 حصان ميكانيكي رأسي 22 مرحلة ذو تغذية كهربائية مقدارها 220 فولت لغرض ضغط المياه داخل الغشاء الأسموزي (وحده التحلية) بقوة ضغط مقدارها 10 بار.

9- جهاز إزالة الأملاح مزود بالمستلزمات التالية:

- سولونيد فالف محبس كهربائى للتحكم في دخول المياه للجهاز.
- كنترول تحكم لحماية الجهاز من الفلو والأمبير العالي.
- إيقاف أوتوماتيكي لدخول المياه عند انخفاض الضغط المغذي للجهاز.
- شاسيه حامل لكل مكونات الوحدة.
- عدد 2 فلو ميتر لقياس كمية المياه الناتجة وآخر للمياه المنصرفة.
- محبس للتحكم في كمية المياة المنتجة والضغوط داخل الأغشية.
- لوحة كهرباء وتحكم في الوحدة.
- وصلات من البولي بروبلين والـ pvc .
- وحدة حقن لمانع الترسيب إيطالي طاقتها 5 لتر في الساعة.

10- خزانات المياه: تتضمن الوحدة على ثلاث خزانات منهم عدد 2 خزان مبدئي سعة كلا منهم 5 متر مكعب وخزان نهائي طاقته التخزينية 3 متر مكعب لتخزين المياه المنتجة.

11- غرفة المحطة: يتم إنشاء غرفة ذات أبعاد4 متر طولي في4 متر عرضي بقواعد خرسانية تتناسب مع الإنشاءات ويتم استخدام الطوب الأسمنتي في الحوائط ويتم تجهيز الغرفة من الداخل بالآتي (سقف خرساني للغرفة – محارة الحوائط - التوصيلات الكهربائية – عمل طبقة خرسانية أرضية لكي تتناسب مع الأحمال – سيراميك الأرضية – توصيل مصدر المياه من البئر حتى داخل المحطة – مد شبكة المواسير بعمق متر – أعمال حفر خط المواسير– مراعاة التهويه داخل الغرفة)

12- تكاليف توريد المحطة: حوالي (95,000) جنيها فقط لاغير بالإضافة تكاليف إنشاء غرفة المحطة حوالي 44000 جنيه فقط لاغير (شركة تراست وورلد،2019).

2) المعاملات الفنية لوحدة معالجة أو تحلية المياه بطاقة إنتاجية قدرها 20 متر مكعب يومياً:

1- موتور مبدئي: مزود بجهاز فصل أوتوماتيك إيطالي، قدرته 3 حصان ذو تغذية كهربائية 220 فولت.

2- فيزل تنقية: برأس تحكم أوتوماتيك ديجيتال 4 متر/ ساعة، الطاقة الإنتاجية من 16 إلى 65.

3- الوسط الترشيحي: طبقات من الجرافيل بالإضافة إلى طبقات من الحصا الناعم والخشن لإزالة الرواسب.

4- فيزل تنقية: برأس تحكم أوتوماتيك ديجيتال 4 متر/ ساعة ذو طاقة إنتاجية من 16 إلى 65 .

5- الوسط الترشيحي: عبارة عن طبقات من الجرافيل بالإضافة إلى طبقات من الرمل شديد النعومة لإزالة أكاسيد الحديد.

6- فيزل تنقية: برأس تحكم أوتوماتيك ديجيتال قدرته 4 متر ساعة، السعة الإنتاجية من 61 إلى 65 .

7- الوسط الترشيحي: عبارة عن طبقات من الجرافيل بالإضافة إلى طبقات من الكربون النشط لإزالة الكلور واللون والطعم والرائحة غير المرغوبة.

8- هوس 20 "جامبو: مزود بشمعه بولي 20 " 5 ميكرون أمريكي طاقته 2 متر/ساعة، وحجمه 5.4*20 " 2 بالإضافة إلى هوس آخر الغرض منه إزالة العوالق حتى 5 ميكرون، بالإضافة إلى عدد 3 هوس اتحادي أوروبي ذو طاقة 4 متر/ ساعة والغرض منه إزالة العوالق حتى1 ميكرون .

9- جهاز إزالة الاملاح (RO) لوحدة التحلية: داخل غشاء استانلس كوري الصنع، طاقته 7500 جالون يوميا مزود بممبرين ذات حجم 5 * " 4*40 الغرض منها إزالة الأملاح والأحماض 98.5 %.

10- موتور الضغط العالي: إيطالي قدرته 3 حصان رأسي 22 مرحلة، التغذية الكهربائية 220 فولت، الغرض منه ضغط المياه داخل الغشاء الأسموزي داخل وحدة التحلية ب ضغط 10 بار.

11- جهاز إزالة الأملاح مزود بالمستلزمات التالية:

- سولونيد فالف محبس كهربائي للتحكم في دخول المياه للجهاز.
- كنترول تحكم لحماية الجهاز من الفلو والأمبير العالي.
- إيقاف أوتوماتيكى لدخول المياه عند انخفاض الضغط المغذي للجهاز.
- شاسيه حامل لكل مكونات الوحده للحفاظ على العمر الافتراضي لمكونات الوحدة.
- عدد 2 فلو ميتر 10جالون لقياس كمية المياه الناتجة وآخر للمياه المنصرفة.
- محبس للتحكم في كمية المياه المنتجة والضغوط داخل الأغشية.
- لوحة كهرباء وتحكم في الوحدة.
- وصلات من البولي بروبلين وال pvc .
- وحدة حقن لمانع الترسيب إيطالي طاقتها 5 لتر في الساعة.
- وحدة حقن كلور لقتل البكتيريا والتعقيم داخل الخزان المبدئي إيطالية الصنع.
- وحدة تعقيم 12جالونUv بالأشعه الفوق بنفسجية.
- ميني كمبيوتر لقياس كفاءة المياه المنتجة بشكل مستمر.
- موتور خاص بالمياه المنتجة استالس أستيل1حصان إيطالي المنشأ بالإضافة إلى عدد1موتور بجهاز حماية فلوماك إيطالي المنشأ.
- جهاز قياس الأملاح.

12- خزانات المياه: تتضمن الوحدة على ثلاث خزانات عدد 3 تانك مبدئي لتخزين المياه قبل المعالجة، سعة التانك 3 متر بالإضافة إلى عدد 2 تانك نهائي لتخزين المياه المنتجة، معالج لتخزين المياه سعة التانك 5 متر.

13- تكاليف توريد المحطة: حوالي (149,500) جنيه بالإضافة تكاليف إنشاء غرفة المحطة حوالي 44,000 جنيه (شركة سولار باور ايجيبت، 2019) (Driscoll, F.G. 1986).

6.المراجع

الإنترنت، موقع وزارة الموارد المائية والري www.mwri.gov.eg

الانترنت،موقع البنك الزراعى المصرى/https://abe.com.eg، 2019

الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي، 2020/2019 .

إلهام محمد عبد العظيم علي: دراسة اقتصادية لنظم الري الحقلى بمحافظة الشرقية، رسالة دكتوراه، قسم الاقتصاد الزراعي والإرشاد والمجتمع الريفى، كلية الزراعة، جامعة قناة السويس، الإسماعيلية ، مصر 2019.

النصر للطاقة الشمسية، مقال متاح على موقع الانترنت https://nasrsolar.com، (2019).

سوق كارفور التجاري، مدينة نصر، (2020).

شركة تراست وورلد تكنولوجيا معالجة مياه الشرب والبيئة، عروض أسعار، 11 شارع مكرم عبيد بجوار محجوب مدينة نصر القاهرة، 2019.

شركة سولار باور ايجيبت، عروض أسعار، 2 أبو بكر الصديق، الدقي، الجيزة، 2019.

معهد التخطيط القومي، تنمية وترشيد استخدامات المياه في مصر، سلسله قضايا التخطيط والتنمية، العدد رقم 282، سبتمبر(2017).

وزارة المياه والكهرباء، مركز إنماء المملكة للتدريب والتطوير، تشغيل وصيانة محطات تنقية المياه، متاح على موقع الانترنت https://water.ma/media/documentation2017

Driscoll F.G. (1986). Groundwater and wells. 2nd edition, Johnson Division, St. Paul, Minnesota,USA.

Wayback Machine (2017). Sea Water Desalination, , Menachem Elimelech: Sea water desalination, department of chemical and environmental engineering, yale university, clalifornia, united states of America, November (1):2017.