تقييم استخدامات الطاقة لرفع المياه وتوزيعها في نظم الري
في مزارع المملكة العربية السعودية

فوزي سعيد محمد ، سعد بن عبدالرحمن الحامد، صالح بن عبدالرحمن السحيباني، ومحمد فؤاد وهبي

قسم الهندسة الزراعية، كلية علوم الأغذية والزراعة، جامعة الملك سعود

(قدم للنشر في 1428/11/10هـ ؛ قبل للنشر في 15 /4 /1429هـ)

كلمات مفتاحيه: طاقة، ضخ، رفع المياه، الري، قدرة المحركات للمضخات، القطر الاقتصادي للأنابيب

ملخص البحث: اهتمت هذه الدراسة بتقييم استخدامات الطاقة لرفع المياه وتوزيعها في مزارع المملكة العربية السعودية من خلال استبانه أعدت لجمع بيانات مزرعية من المزارعين ومديري المزارع الكبيرة. وتغطي هذه الدراسة ثماني مناطق من المملكة العربية السعودية هي: القصيم والمدينة المنورة وتبوك وحائل والجوف وأبها وجازان ووادي الدواسر والرياض (محافظات الخرج والأفلاج)، حيث تم اختيار هذه المناطق حسب أهميتها الزراعية وتمثيلها الجغرافي ومدى توفر البيانات فيها. وتم جمع معلومات من المزارع والشركات الزراعية بلغت حوالي 200 مزرعة موزعة في مناطق الدراسة.

استخدم مؤشر القدرة ونسبة متوسط القدرة الفعلية إلى القدرة المحسوبة كمعيارين لدراسة واقع استخدامات الطاقة لرفع المياه، والقدرة الفعلية هي تلك القدرة المتاحة أي المدونة على المحرك من قبل الجهة المصنعة، أما القدرة المحسوبة فهي القدرة التي يتم حسابها بناء على القياسات الحقلية باستخدام المعادلات، حيث تم تحديد القدرة الفعلية لكل مزرعة على حدة من خلال قدرة محركات المضخات المتوفرة في المزرعة. أما القدرة المحسوبة فتمثل القدرة اللازمة لرفع المياه لكل مزرعة من المزارع المشمولة في الاستبانة، وقدرت عن طريق حساب التصرف للمضخة بناء على نوع المحصول ونوع نظام الري وفترة الري وعدد ساعات التشغيل اليومية للري والاحتياجات المائية اللازمة لكل محصول حسب مناطق المملكة.

أوضحت نتائج الدراسة أن غالبية المزارع في المملكة تستغل طاقة أكثر مما تحتاجه في تنفيذ الأعمال المزرعية وضخ المياه. حيث أظهر مؤشر قدرة المحركات (كيلووات/هكتار) بأنه يقل كلما زادت المساحة المزروعة، فللمساحات الأقل من 50 هكتار يتراوح المؤشر بين 7 و 15، بينما للمساحات المحصورة بين 50 و 400 هكتار يتراوح المؤشر بين 7 و 4 على الترتيب. وأن نسبة القدرة الفعلية المقاسة إلى المحسوبة كانت 16 ضعفاً تقريبا للمضخات المستخدمة.

هذه الدراسة جزء من مشروع بحثي مدعم من مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية رقم أت-23-52 بعنوان "تقييم استخدامات الطاقة للأغراض الزراعية في المملكة العربية السعودية وتطوير برنامج حاسوبي لتحديد الطاقة المثلى".

المقدمة

تتأثر تكلفة رفع المياه لأغراض الري بمقدار الطاقة اللازمة لتشغيل المضخات. وتتوقف الطاقة المستهلكة على مقدار كل من الضاغط الديناميكي الكلي، وكفاءة المضخة والمحرك، والضغط اللازم لتشغيل الرشاشات بأنواعها المختلفة وخاصة الرشاشات المحورية، وكذلك الضغط اللازم لتشغيل المنقطات. فعند اختيار المضخة الملائمة لنوع نظام ري معين يجب الأخذ بالاعتبار جميع هذه العناصر. كما أن كفاءة استخدام الطاقة تتطلب العمل على اتباع جدولة ري مناسبة من حيث زمن الإضافة وكمية المياه اللازمة مع الحفاظ على كفاءة عالية لتشغيل المضخة ووحدة القدرة. بشكل عام إن المتطلب الأساسي عند اختيار المضخة وتصميم نظم الضخ لمشاريع الري هو وجود توافق بين احتياجات نظام الري وأقصى كفاءة تشغيل للمضخة (العذبة 2003م).

ومع تزايد الإدراك بمحدودية مصادر الطاقة في الطبيعة وقابليتها للنضوب وزيادة تكلفتها باستمرار جعل الاهتمام يزداد في رفع كفاءة استخدام الطاقة، خاصة في مجال رفع المياه في المزارع؛ لأنها تشكل القسط الأكبر من الطاقة المستهلكة في المزرعة. فمقدارها يفوق بكثير مجموع الطاقة المستهلكة في كافة العمليات الزراعية الأخرى. ففي الولايات المتحدة الأمريكية تقدر الطاقة المستهلكة في رفع المياه بنسبة 23٪ من كمية الطاقة الكلية المستخدمة في الإنتاج الزراعي (Sloggett 1979). ولقد اهتم العديد من الباحثين في دراسة وتقييم الطاقة المستخدمة في تشغيل نظم الري بالمزارع، فمثلا قيم الباحثان (Al-Amoud and Al-Hamoudi 1996) تكلفة الطاقة اللازمة لضخ المياه الجوفية لنظم الري المحوري، ووجد أن هناك علاقة خطية بين تكلفة الوحدة السنوية ومقدار سحب المضخة. كما قيم (Chen et al. 1976) سبعة أنواع من نظم الري بالرش ونظام الري بالتنقيط والري السطحي، فوجدوا أن احتياجات الطاقة تزداد فيما بين هذه النظم حسب التسلسل التالي: الري السطحي، التنقيط، الرش بأنواعه المختلفة.

كما تحرى (Oliveira et al. 2004) عدة استراتيجيات خاصة بتوفير الطاقة بهدف خفض تكلفة الإنتاج، وتوصل الباحثون إلى أن خفض مقدار الطاقة الكهربائية المستخدمة في ري المزارع الصغيرة من خلال زيادة كفاءة استخدام الطاقة أدى إلى خفض التكلفة بنسبة 31٪.

وفي دراسة لوادي جازان بالمملكة العربية السعودية (بابعير ووهبي 1995م)، وجد الباحثان بابعير ووهبي أن 93٪ من المزارع تحت الدراسة مجهزة بمضخة واحدة لرفع المياه و 6٪ من المزارع فيها مضختان، بينما يوجد ستة مضخات في أقل من 1٪ من المزارع. كما أوضحت الدراسة أن مؤشر القدرة (كيلووات/هكتار) يتناقص مع زيادة المساحة. وبلغ مقدار هذا المؤشر 2.67 كيلووات/هكتار كمتوسط عام لمنطقة جيزان. وهذا يعد مرتفعاً كثيرا عن القيم المحسوبة لبعض مزارع المنطقة الوسطى بالمملكة.

ويمكن تقدير طاقة الضخ السنوية اللازمة لرفع المياه باستخدام المعادلة (1).

$$P = \frac{(K\ A\ D_w\ H)}{E_i\ E_p} \qquad (1)$$

حيث:

P = قدرة الضخ (كيلووات).

K = معامل تحويل (يساوي 0.001).

A = مساحة الأرض المروية (هكتار).

D_w = عمق صافي ماء الري اللازم إضافته (مم/يوم).

H = الضاغط الديناميكي الكلي، ويشمل ارتفاع عمق الماء والفواقد الرئيسة والثانوية وضغوط تشغيل نظام الري (م).

E_i = كفاءة إضافة الماء بنظام الري (٪).

E_P = كفاءة التشغيل للمضخة المستخدمة (٪).

إن معرفة خواص المضخة تساعد على اختيار المضخة المناسبة بحيث تلائم ظروف التشغيل المعينة، وبذلك الحصول على كفاءة عالية نسبيا بتكاليف تشغيل أقل (إسماعيل ، 1988م) . لذا فإن اتخاذ القرار لاختيار نوع المضخات يجب أن يعتمد على دراسة اقتصادية مستفيضة للتكاليف الثابتة والمتغيرة. وبشكل عام، فإن تكلفة طاقة رفع المياه تعتبر دالة في كل من نوع المضخة، ومقدار الطاقة المستخدمة، ومقدار التصرف المائي اللازم.

وتوجد طرق مختلفة لتقدير تكاليف القدرة السنوية منها: (1) تقدير القدرة اللازمة بالكيلووات–ساعة لكل ساعة كهرباء، أو ما يستهلك من ديزل أو بترين بوحدات اللتر/ساعة، (2) طريقة الاعتماد على القيم المدرجة في جداول خاصة (Jensen 1983) تشتمل على تكلفة الضخ لرفع حجم معين من الماء مقداره 1000 $م^3$ لارتفاع معين من الضاغط الديناميكي الكلي، و (3) طريقة القياس المباشر للقدرة الفعلية بمعرفة العزم والسرعة الدورانية ومن ثم تحديد الطاقة اللازمة للضخ بوحدات الكيلووات لكل متر مكعب.

ونظراً لأن طاقة محركات المضخات المستخدمة في نظم الري تعتبر جزءاً أساسياً من الطاقة المستهلكة لإنتاج المحاصيل، فإن هذا البحث يهدف إلى دراسة واقع استخدامات الطاقة بغرض رفع المياه وتوزيعها في نظم الري في مزارع عديدة للمملكة العربية السعودية.

المواد والطرق

اهتمت هذه الدراسة بتقييم استخدامات الطاقة لرفع المياه في مزارع المملكة العربية السعودية من خلال جمع بيانات مزرعية من المزارعين ومديري المزارع الكبيرة وإجراء بعض القياسات والتجارب، وتغطي هذه الدراسة تسع مناطق من المملكة العربية السعودية وهي: القصيم والمدينة المنورة وتبوك وحائل والجوف وأبها وجازان ووادي الدواسر والرياض (محافظات الخرج والأفلاج)، وتم اختيار هذه المناطق حسب أهميتها الزراعية وتمثيلها الجغرافي ومدى توافر البيانات فيها من خلال التعاون مع المديريات الزراعية وكذلك المجموعة السعودية الزراعية (ساق)، حيث جمعت معلومات من عدد من المزارع بلغت حوالي 200 مزرعة موزعة في مناطق الدراسة.

الاستبانة البحثية

أعدت استبانه موجهة إلى المزارعين ومديري المزارع الكبيرة في مناطق الدراسة التسع للحصول على البيانات اللازمة للدراسة. اشتمل أحد بنود الاستبانة على بيانات عن المزرعة، ويتكون من 19 عنصراً كاسم المزرعة وموقعها ومساحتها ونوع المحاصيل المزروعة وعدد الآبار وعدد الجرارات الزراعية المستخدمة وكميات الوقود والزيوت المستهلكة سنويا. واشتمل تصميم الاستبانة كذلك على بند يتكون من أربع فقرات خاص بالجرارات الزراعية، وأجهزة الري المحوري، والمضخات، والعمليات الزراعية لكل محصول. وتشتمل كل فقرة على عدة عناصر.

بالنسبة للفقرة الخاصة بأجهزة الري المحوري فتشمل عدد الأبراج وساعات التشغيل ونوع مادة خط الرشاشات (بلاستيك أو معدن) وقطره والمسافة بين المضخة ومحور خط الرشاشات. أما الفقرة التي تتعلق بالمضخات فتركز على نوع المضخة وعمق الماء في البئر وقطر أنبوب السحب وعدد المراوح وقدرة المضخة والتصرف ونوع المحرك وقدرته ومصدر الطاقة. واشتمل تصميم الاستبانة أيضا على بيانات خاصة بأنظمة الري الأخرى مثل الري المدفعي والري بالتنقيط والري السطحي والري بالرش التقليدي. أما البند الأخير خاص برسم مخطط للمزرعة يوضح فيه المواقع المستخدمة للأغراض الزراعية وأماكن تخزين المعدات الزراعية وتوزيع الحقول لكافة المحاصيل وتحديد مواقع الآبار.

الطاقة المستخدمة لرفع المياه

قدرت الطاقة اللازمة لرفع المياه في المزارع من خلال حساب القدرة اللازمة للمضخات باستخدام المعادلة (2) طبقا لإسماعيل(اسماعيل ، 1988م).

$$BHP = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{76\, E_p} \qquad (2)$$

حيث

BHP = القدرة الفعلية الفرملية بالحصان

γ = الوزن النوعي للماء، 1000كغم/م^3

H = الضاغط الديناميكي الكلي (م)

Q = تصرف المضخة (لتر/ثانية)

E_p = الكفاءة الكلية للمضخة والمحرك

حيث يتم حساب التصرف للمضخة بناء على نوع المحصول ونوع نظام الري وفترة الري وعدد ساعات التشغيل اليومية للري والاحتياجات المائية اللازمة لكل محصول حسب مناطق المملكة الواردة في كتاب الاحتياجات المائية للمحاصيل الرئيسة في المملكة العربية السعودية (الزيد وآخرون 1988م).

وتم حساب نسبة القدرة الفعلية إلى القدرة المحسوبة بالنسبة للمحركات ومضخات الري، وحساب مؤشر الطاقة للمحركات وذلك بقسمة الطاقة الكلية للمحركات المستخدمة في تشغيل المضخات على المساحة المزروعة وكذلك على المساحة الكلية للمزرعة، وتم استخدام القدرة للمقارنة بدلا من تصرف المضخات لأن التصرف يتناسب طرديا مع القدرة. والمثال التالي يوضح خطوات تقدير القدرة اللازمة لمحصول القمح في منطقة الرياض:

نظام الري المستخدم هو الري بالرش المحوري، وأقصى احتياجات مائية يساوي 11.88 مم/يوم، وساعات التشغيل لنظام الري في اليوم 20، وعمق مستوى الماء في البئر120 م، وانخفاض منسوب الماء بعد البدء في الضخ يساوي تقريبا 20م، والضاغط المطلوب عند بداية الرشاش يساوي 45م، وكفاءة الري تساوي 85٪، وكفاءة المضخة 80٪، والمساحة المروية تساوي 55 هكتار. المطلوب إيجاد مقدار التصرف المطلوب من المضخة توفيره بالاعتماد على البيانات الحقلية المتوفرة باستخدام العلاقة التالية:

التصرف (لتر/ث) = ثابت التحويل × المساحة × أقصى احتياجات مائية ÷ ساعات التشغيل × كفاءة الري

التصرف الناتج من هذا المثال يساوي 97 لتر/ث، كما أنه يمكن إيجاد الضاغط الديناميكي الكلي من خلال جمع الضواغط الكلية للبئر والذي يساوي 185م. وبمعرفة التصرف اللازم المحسوب والضاغط الديناميكي الكلي وباستخدام المعادلة (2) يمكن حساب قدرة المضخة التي تساوي 244.2 كيلو وات.

القياسات الحقلية

تنفيذا لمتطلبات أهداف الدراسة ألا وهو تقدير طاقة رفع المياه، أجريت بعض القياسات الحقلية لتحديد بعض عناصر مدخلات حسابات طاقة ضخ المياه من الآبار، التي تستخدم في تلبية الاحتياجات المائية للمحاصيل والمتطلبات المزرعية الأخرى. حيث تطلب الأمر قياس التصرف والضاغط الديناميكي الكلي الذي يعبر عن مقدار الضغط الذي يجب أن تتغلب عليه قدرة المضخة كي يمكن للماء أن يضخ من الآبار إلى الارتفاع المحدد. والقياسات الحقلية التي تتطلب إجراؤها هي:

1- التصرف الفعلي من الآبار

تم قياس التصرف الفعلي من آبار الضخ في موقع التجارب في المزارع التي أخذت فيها قياسات حقلية بواسطة جهاز قياس التصرف المائي من نوع Ultrasonic Flowmeter FD-7000 والذي يعتمد على استخدام الذبذبات فوق الصوتية.

تستخدم بيانات التصرف الفعلية المقاسة من الآبار الموجودة في الحقول لمقارنتها مع التصرفات النموذجية المحسوبة من الاستهلاك المائي للمحاصيل من أجل تحديد مدى ملاءمة أحجام المضخات المتوافرة في المزارع للأعمال المطلوبة منها، وهذا ضروري عند وضع الإستراتيجية المناسبة لتحديد الطاقة المزرعية اللازمة.

2- الضاغط الديناميكي الكلي

يشتمل الضاغط الديناميكي على مجموع ضاغط السحب الإستاتيكي (عمق الماء في البئر)، و ضاغط الطرد الاستاتيكي (الارتفاع الذي يصل إليه الماء في أعلى نقطة في الحقل)، و ضاغط الفقد بالاحتكاك، وضاغط السرعة كما يلي:

أ- **قياس ضاغط السحب الاستاتيكي في البئر (عمق الماء في البئر)**: تم استخدام مقياس اللمس الإلكتروني لهذا الغرض، حيث تم إدخال طرف شريط القياس المجهز بالمجس في البئر وقياس عمق منسوب الماء الموجود في البئر، فعند ملامسة سطح الماء في البئر تؤخذ قياسات العمق المؤشرة على الشريط المدرج. وتم تكرار هذه العملية ثلاث مرات في كل بئر؛ للتأكد من دقة القراءات.

ب- **قياس ضاغط الطرد الاستاتيكي**: لقياس الارتفاع الذي يصل إليه الماء في أعلى نقطة في الحقل تطلب الأمر قياس ارتفاع الرشاشات المحورية أو أعلى نقطة يضخ إليها الماء في الحقل، والحقول التي أجريت فيها القياسات تم قياس أعلى نقطة يصل إليها الماء التي كانت تمثل ارتفاع الرشاشات المحورية المتوافرة في الحقل، علما بأن معظم المزارع التي تم زيارتها كانت تعتمد على الرش المحوري في ري محاصيلها. وكانت عملية القياس تتم بواسطة أدوات القياس المعروفة والشائعة الاستخدام كالمتر الاعتيادي أو باستخدام مسطرة خشبية طويلة.

ج- **ضاغط الفقد بالاحتكاك**: لتحديد مقدار ضاغط الفاقد الرئيس تطلب الأمر قياس الأقطار الداخلية للأنابيب المستخدمة في نقل المياه من المضخة إلى آخر نقطة في الحقل؛ لأن القطر هو أحد عناصر معادلة Darc-Weisbch (معادلة رقم 3) المستخدمة لتقدير الفاقد الرئيس في الأنابيب؛ نتيجة للاحتكاك. أما بالنسبة للضاغط الثانوي الناتج عن وجود الأكواع والتقسيمات والمحابس والوصلات في شبكة الأنابيب فتم إضافته كنسبة مئوية بحدود 10٪ من قيمة الضاغط الكلي (المعادلة 3) (الفتياني وآخرون 2004م).

$$h_f = f\frac{L}{d}\cdot\frac{v^2}{2g} \qquad (3)$$

حيث

h_f = مقدار فاقد الاحتكاك في الأنابيب (م)

v = سرعة تدفق الماء في الأنبوب (تتراوح بين 1.5 و 2.5 م/ث)

g = الجاذبية الأرضية (9.81 م/ ث2)

d = قطر الانبوب (م)

L = طول الأنبوب (م)

د- **ضاغط السرعة**: لحساب الضاغط نتيجة السرعة تم قياس سرعة تدفق الماء في أنابيب الطرد باستخدام نفس جهاز قياس التصرف المائي المذكور سابقا. وبعد الانتهاء من القياس تم التعويض عن قيمها في ($\frac{V^2}{2g}$) لحساب ضاغط السرعة.

تقدير قدرة المضخات

لتقدير القدرة الحصانية للمضخات من واقع الاحتياجات المائية لمختلف المحاصيل وحسب الموقع الجغرافي لمناطق المملكة العربية السعودية، تم حساب التصرف اللازم لكل مزرعة من المزارع التي شملها البحث على أساس بيانات البخر-نتح المرجعي لكل المحاصيل ومعامل المحصول والاستفادة من قياس الضاغط الديناميكي الكلي لإدخالها جميعا كبيانات في المعادلة رقم (2) لحساب وتقدير القدرتين المائية والفرملية للمضخة.

قدرة المحركات الكهربائية للمضخات

تم قياس قدرة محركات المضخات الكهربائية من خلال قياس فرق جهد التيار الكهربائي (الفولت) الداخل إلى المحرك باستخدام جهاز قياس الفولتية، وقياس شدة التيار (الأمبير)، الذي يمثل حاصل ضربهما القدرة (وات) اللازمة لإدارة المضخة وتشغيلها. أجريت قياسات لعدد من المضخات في مزارع مختلفة عند بدء التشغيل بعد مرور فترة زمنية قصيرة لاستقرار معدل الضخ.

قياس قدرة المحركات الحرارية

بالنسبة لمحركات المضخات ذات الاحتراق الداخلي المعتمدة على الديزل تم قياس القدرة الفعلية اللازمة لتشغيلها لرفع المياه من الآبار العميقة باستخدام وحدتي قياس العزم والسرعة الدورانية (الداينمومتر). وتتلخص طريقة القياس في تركيب هاتين الوحدتين بين مصدر الطاقة (المحرك) ووحدة نقل الحركة إلى المضخة (الرأس)، وبعد الشروع في تشغيل المحرك يتم البدء في أخذ القياسات وجمع البيانات، ومن ثم رسم العلاقة بين فترات التشغيل والطاقة الفعلية.

تم تقدير العزم النظري من خلال المعادلة رقم (4) ومنه تم تقدير القدرة الداخلة للمضخة من خلال حساب العزم الحقيقي المؤثر على عمود تشغيل المضخة باستخدام المعادلة رقم (5) بفرض أن الكفاءة تساوي 90٪ من هذه البيانات أمكن حساب القدرة الداخلة للمضخات (معادلة رقم 6). وبعدها أمكن حساب معامل المضخة بقسمة القدرة المتاحة على القدرة الميكانيكية للمضخة (معادلة رقم 7)، وكذلك بالنسبة لمعامل المحرك الذي يساوي قدرة المحرك على القدرة المستغلة على العمود الخارج من الحذافة (معادلة رقم 8) طبقا لوهبي وآخرون (وهبي وآخرون 1997م).

$$T_T = \frac{Q \times H \times 60 \times 9810}{2 \times \pi \times n} \quad (4)$$

حيث

T_T = العزم النظري (نيوتن.م)

Q = التصرف (م3/ث)

H = الضاغط الديناميكي الكلي (م)

n = عدد لفات عمود المضخة (لفة/د)

العزم الحقيقي:

$$T_A = \frac{T_T}{0.9} \quad (5)$$

القدرة الداخلة للمضخة:

$$P = \frac{2 \times \pi \times n \times T_A}{1000 \times 60} \quad (6)$$

حيث

P = القدرة الميكانيكية (كيلووات)

n = عدد لفات المحرك (لفة/د)

T_A = العزم الحقيقي على عمود تشغيل المضخة (نيوتن.م)

$$\text{معامل المضخة} = \frac{\text{القدرة المتاحة للمضخة}}{\text{القدرة الميكانيكية للمضخة}} \quad (7)$$

$$\text{معامل المحرك} = \frac{\text{قدرة المحرك}}{\text{القدرة المستغلة على العمود الخارج من الحذافة}} \quad (8)$$

الأقطار الاقتصادية للأنابيب

من تحليل بيانات الاستبانة للمزارع الموزعة في معظم مناطق المملكة تم تحديد أقطار الأنابيب الرئيسية الموصلة للمياه إلى شبكة الري وتحديد تصرفات المضخات؛ بهدف حساب الأقطار الاقتصادية لهذه الأنابيب ومقارنتها مع أقطار الأنابيب الموجودة فعليا في المزارع، لأنه في حالة استخدام أنابيب لا تكون أقطارها في مدى القطر الاقتصادي فإن ذلك يؤثر تأثيراً مباشراً على مقدار الطاقة المستخدمة لنقل تصرف مائي معين. فالأقطار الصغيرة يتدفق الماء فيها بسرعة أعلى لنقل التصرف مما يزيد من سرعة سريان الماء فيها وبذلك يؤدي إلى زيادة فاقد الضغط. وللتعويض عن هذه الفواقد تستخدم عادة مضخات ذات قدرات عالية، وهذا يزيد من تكلفة الطاقة المستهلكة لأداء نفس العمل في رفع وضخ المياه في المزرعة. بشكل عام يميل المزارعون إلى شراء الأنابيب ذات الأقطار الصغيرة لتقليل التكلفة بقدر الإمكان؛ لأن تكلفة الأنابيب تزداد بعلاقة أسية مع أقطارها.

تم قياس أقطار الأنابيب والتصرفات من المضخات حقليا خلال الزيارات الميدانية للتأكد من صحة المعلومات الواردة في الاستبانة واستخدامها في المعادلة رقم (9) لتقدير الأقطار الاقتصادية لها، حيث استخدمت القدمة لقياس الأقطار الصغيرة وشريط القياس المدرج للأنابيب ذات الأقطار الكبيرة، واستخدم لقياس تصرفات هذه الأنابيب جهاز Ultrasonic Flowmeter، ثم أدخلت هذه البيانات في معادلة القطر الاقتصادي (9)، وتم حساب الأقطار الاقتصادية ومقارنتها مع الأقطار الفعلية للتأكد من تناسبها مع قدرة المضخات الموجودة في المزارع. وتنطبق هذه المعادلة في حالة مدى سرعة تدفق الماء في الأنابيب 1.5 -2.5 م/ث، وبتطبيق معادلة الاستمرارية واستخدام مدى السرعة يمكن إيجاد معادلة القطر الاقتصادي (سكلا 1981م) .

$$d = 0.92\sqrt{Q} \quad \text{to} \quad d = 0.71\sqrt{Q} \tag{9}$$

حيث

d = قطر الأنبوب (م)

Q = التصرف (م3/ث)

تقييم نظم الري بالرش المحوري

تم تقييم نظم الري بالرش من حيث كفاءة توزيع المياه وانتظاميتها؛ لأن هذا التقييم يبين إلى حد كبير فيما إذا كانت الطاقة المبذولة في توزيع المياه مستغلة بالشكل الأمثل أم أن هناك إسرافاً غير مبرر في استخدامها. حيث أجريت تجارب وحسابات التقييم باتباع الطريقة القياسية والمعايير المتعارف عليها في تقييم نظم الري بالرش المحوري طبقا لمعادلة إسماعيل (إسماعيل 1988م).

النتائج والمناقشة

أظهرت نتائج تحليل الاستبانة التي تم توزيعها على المناطق الزراعية المختلفة تبعا للبنود الرئيسية على النقاط التالية:

عدد المزارع لكل منطقة

يوضح الجدول رقم (1) بيانا إحصائيا لمناطق الدراسة المختلفة في المملكة وعـــدد المـــزارع المـــشاركة في الاستبانة من كل منطقة، حيث تراوح عدد المزارع ما بين 10 إلى 37 مزرعة بإجمالي 191 مزرعة، ويظهـــر في نفس الجدول متوسط المساحة المزرعية لجميع المناطق، والذي تراوح بين 1.3 هكتار كأقل متوسط مساحة مزروعة في منطقة أبها إلى حوالي 77.8 هكتار لأكبر متوسط مساحة مزروعة في منطقة الجوف. بينمـــا أظهـــرت نتـــائج التحليل أن أصغر مساحة مزروعة كانت 0.3 هكتار في منطقة أبها، وأن أكبر مساحة هي 700 هكتار في منطقة الجوف، وذلك على مستوى جميع المزارع المشاركة في الاستبانة، ويظهر في الجدول أيضا أقل فرق معنـــوي بـــين مساحات المزارع لكل منطقة على حدة، ولجميع المزارع (الجدول رقم 1).

الجدول رقم 1. عدد المزارع ومتوسط المساحة المزروعة حسب مناطق الدراسة.

المنطقة	عدد المزارع	المساحة المزروعة (هكتار)	
		المتوسط	أقل فرق معنوي
حائل	25	67.7	27.8
أبها	10	1.3	0.8
المدينة المنورة	10	4.8	1.1
تبوك	17	55.4	17.9
وادي الدواسر	25	43.3	17.6
القصيم	22	63.5	17.8
الرياض	37	62.2	25.9
الجوف	29	77.8	51.0
جازان	16	9.0	4.9
متوسط المملكة	191	51.7	10.9

محركات الديزل والكهرباء

يوضح الجدول رقم (2) أنواع المحركات الموجودة في المزارع (ديزل أو كهرباء) والتي تستخدم في تـــشغيل مضخات رفع المياه من الآبار أو في توليد الكهرباء داخل المزرعة للاستخدامات المختلفة (إنارة، تـــشغيل معـــدات زراعية أو معدات كهربائية للاستعمالات اليومية). ويوجد في 77.5٪ من المزارع (148 مزرعة) خزانات لوقود الديزل لتزويد المحركات والآلات الزراعية باحتياجاتها من الوقود، أما باقي المزارع (43 مزرعة) فـــلا يتـــوفر بهـــا خزانات للوقود لاعتمادها على محركات كهربائية.

الجدول رقم (2). أنواع المحركات في المزارع.

المحركات	عدد المزارع	النسبة
ديزل	136	71.2
كهرباء	43	22.5

ديزل وكهرباء	12	6.3
المجموع	191	100.0

طاقة رفع المياه

أ) قدرة المحركات الكهربائية للمضخات

يبين الجدول رقم (3) قيم البيانات المقاسة لمضخة في مزرعة ديراب التابعة لمحطة الأبحاث بكلية علوم الأغذية والزراعة بالرياض وقيم القدرة المتاحة (المسجلة على المحرك من قبل الشركة المصنعة وتساوي 44.4 كيلووات) والقدرة المستغلة فعليا والمحسوبة من بيانات فرق جهد التيار الكهربائي (الفولت) الداخل إلى المحرك وشدة التيار (الأمبير) المقاسة في الحقل.

الجدول رقم 3. القدرة الكهربائية المقاسة لمحرك المضخة بواسطة فرق الجهد الكهربائي وشدة التيار في مزرعة ديراب.

نوع المحرك	القدرة المتاحة (كيلووات)	فرق الجهد (فولت)	شدة التيار (الأمبير)	القدرة المستغلة (كيلووات)	نسبة القدرة المتاحة/المستغلة
Volvo Penta	44.4	220	200	44	1.01
	44.4	220	190	41.8	1.06
	44.4	220	180	39.6	1.12
	44.4	220	170	37.4	1.19
	44.4	220	160	35.2	1.26
	44.4	220	150	33	1.35
	44.4	220	140	30.8	1.44
	44.4	220	130	28.6	1.55
	44.4	220	120	26.4	1.68
	44.4	220	110	24.2	1.83
	44.4	220	100	22	2.02
المتوسط	44.4	220	150	33	1.35

يتضح من الجدول بأن فرق جهد التيار (الفولتية) الداخلة للمحرك ثابتة طيلة فترة أخذ القياسات، أما شدة التيار فكانت تتناقص تدريجيا من بداية التشغيل 200 أمبير حتى 100 أمبير عند الاستقرار، وبالتالي كانت القدرة المقاسة أيضا تتناقص من 44 كيلووات عند بداية التشغيل إلى أن وصلت 22 كيلوات عند الاستقرار. أي أن نسبة القدرة المتاحة إلى المستغلة في البداية كانت تساوي 1.01 وهذا يشير إلى أن القدرة المتاحة قد استغلت بالكامل لتشغيل المضخة لرفع المياه من البئر، لأن القدرة اللازمة عند بداية التشغيل عادة تكون عالية جدا، مما يستوجب توفير محرك له القدرة الكافية على تشغيل المضخة والتعويض عن كافة الفواقد بداخل الأجزاء المتحركة بما فيها أجزاء المحرك نفسه. بينما كانت نسبة القدرة المتاحة إلى المستغلة بعد استقرار معدل الضخ 2.02، أي تقريبا

كانت القدرة المتاحة تساوي ضعف القدرة المستغلة، وهذا أمر مبرر. وأتبعت نفس الطريقة لقياس القدرة الكهربائية لمحركات تشغيل المضخات في المناطق الأخرى.

ب) قدرة المحركات الحرارية

أظهرت النتائج المدرجة في الجدول رقم (4) قيم العزم النظري المحسوب من المعادلة رقم (4) وقيم القدرة الداخلة للمضخة المحسوبة على أساس العزم النظري المؤثر على عمود تشغيل المضخة باستخدام المعادلة رقم (5) وفرض كفاءة تساوي 90٪، ويبين أيضا قيم القدرة الداخلة للمضخات المحسوبة من المعادلة رقم (6) ومعاملي المضخة والمحرك (المعادلتان رقما 7 و 8). يتضح من الجدول أن متوسط العزمين النظري والحقيقي 1069.4 و 1188.3 نيوتن.متر على التوالي، ومتوسط معاملي المضخة والمحرك يساوي 2.4 و 2.6 على التوالي أيضا.

وكمثال على ذلك اختير عشوائيا مزرعة في منطقة القصيم، فكان عمق البئر فيها 218م، تم قياس تصرفه بواسطة جهاز قياس التصرف فكان يساوي 0.06م^3/ث، وطول أنبوب الطرد 400م، وبعد أن حسبت فواقد الاحتكاك 22.85م من معادلة (رقم 3) وفواقد السرعة والأكواع والوصلات التي وجد بأنها تساوي 2.85 و 0.49 و 3.43 متر على التوالي، وبناء على ذلك تم حساب الضاغط الديناميكي الكلي من المعادلة (2) والذي يساوي 248.37. ولتقدير العزم النظري استخدمت المعادلة رقم (5)، حيث وجد بأنه يساوي 930.67 نيوتن.متر. أما القدرة الداخلة للمضخة أي القدرة المقاسة تم حسابها من المعادلة رقم (6) بدلالة سرعة المحرك (1500لفة/دقيقة) وعزمه (923 نيوتن.متر) والذي يساوي 144.9 كيلو وات.

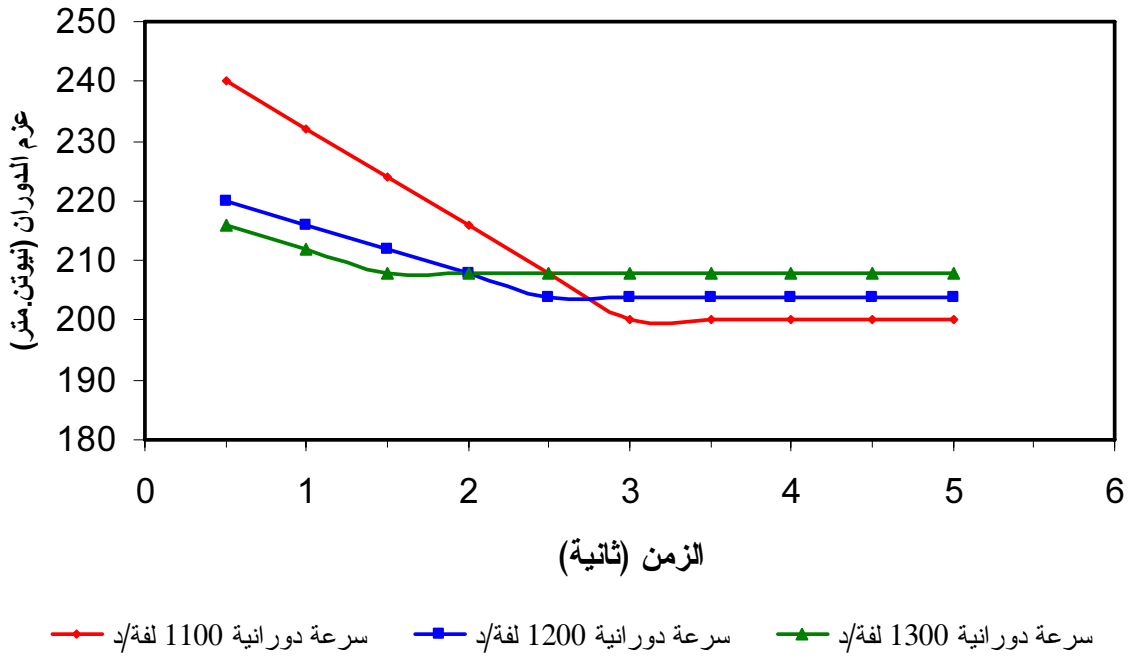
لدراسة تأثير سرعة المحرك على القدرة اللازمة تم تشغيل المحرك الحراري عند ثلاث سرعات مختلفة 1100، 1200، 1300 لفة/دقيقة (الشكل رقم 1)، يلاحظ من هذا الشكل بأن أعلى عزم دوران يحتاجه المحرك عند جميع السرعات يكون في بداية التشغيل، ولكن عند السرعة المنخفضة (1100لفة/د) يحتاج إلى أعلى عزم 240 تيوتن.متر، بينما يحتاج عند السرعات الأعلى 1200 و 1300لفة /د عزم يساوي 220 و 218 نيوتن/لفة على التوالي، ويلاحظ عكس ذلك عند استقرار العزم بعد 3 دقائق من بداية التشغيل، أي أن العزم اللازم يكون أقل للسرعات المنخفضة ويكون أعلى للسرعات المرتفعة، يعود السبب في ذلك لأن جزءا كبيرا من العزم يلزم للتغلب على فاقد الاحتكاك نتيجة حركة الأجزاء المتحركة في داخل جسم المحرك بالإضافة إلى العزم الأساسي اللازم لتدوير أجزاء المضخة لرفع المياه، ويستقر العزم بعد ذلك مع الزمن.

والشكل (رقم 2) يوضح العلاقة بين قدرة المحرك والزمن للسرعات الدورانية المختلفة، فالقدرة اللازمة لتشغيل المحرك تكون عالية في بداية التشغيل للسرعات المختلفة، وتكون القدرة اللازمة الأعلى للسرعة المنخفضة وتقل مع زيادة السرعة إلى أن يتم استقرار الضخ عندها تنعكس العلاقة ومن ثم يستمر استقرار القدرة.

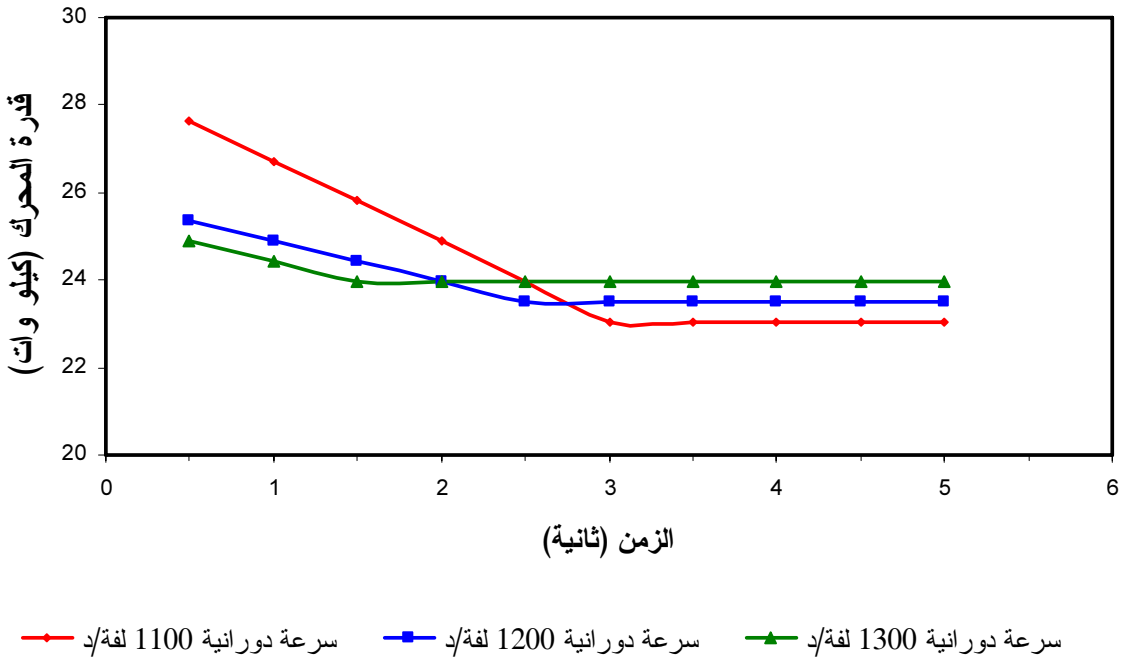
الجدول رقم 4. قيم العزم النظري للمضخة والعزم الحقيقي لمحركها الحراري اعتمادا على قياس القدرة الهيدروليكية.

القدرة الهيدروليكية (كيلووات)	قدرة المحرك المتاحة (كيلووات)	قدرة المضخة المتاحة (كيلووات)	العزم النظري (نيوتن.م)	العزم الحقيقي (نيوتن.م)	القدرة الداخلة للمضخة (كيلووات)	معامل المضخة	معامل المحرك
130.4	480	444	830.7	923.0	144.9	3.1	3.3

2.7	2.5	177.7	1131.7	1018.5	444	480	159.9
2.7	2.5	180.7	1150.8	1035.7	444	480	162.6
2.6	2.4	187.7	1195.8	1076.2	444	480	169.0
2.6	2.4	183.7	1170.0	1053.0	444	480	165.3
2.6	2.4	187.7	1195.8	1076.2	444	480	169.0
2.6	2.4	187.7	1195.8	1076.2	444	480	169.0
2.5	2.3	189.8	1208.8	1087.9	444	480	170.8
2.2	2.1	215.0	1369.2	1232.3	444	480	193.5
2.3	2.1	210.7	1341.8	1207.7	444	480	189.6
المتوسط							
2.6	2.4	186.6	1188.3	1069.4	444	480	167.9



الشكل رقم 1. عزم دوران محرك ثابت عند سرعات دورانية مختلفة.



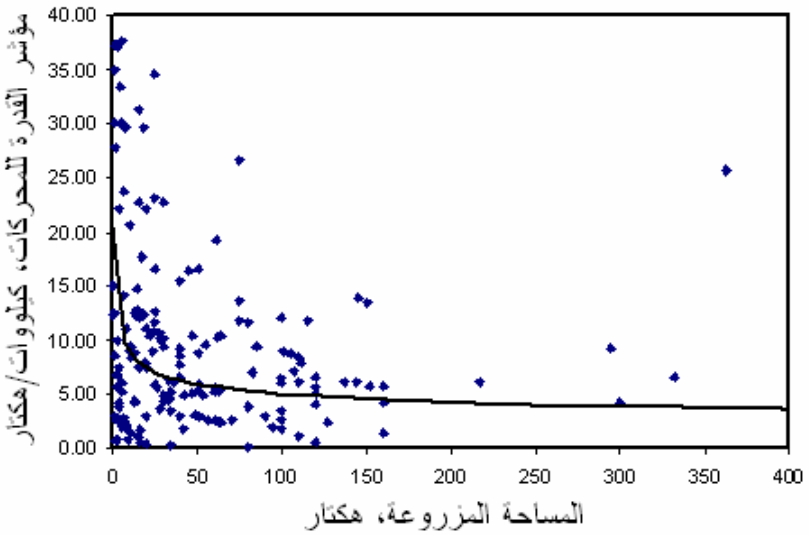
الشكل رقم 2. القدرة اللازمة لتشغيل المضخة عند سرعات دورانية مختلفة.

مؤشرات القدرة لمحركات المضخات

تم حساب مؤشرات القدرة لمحركات المضخات (المحركات الثابتة) لكافة المزارع التي اشـــتملتها الاســـتبانة. ويبين الشكل رقم (3) العلاقة بين مؤشر القدرة للمحركات (كيلووات/هكتار) مع مـــساحة المـــزارع المزروعـــة (هكتار). من هذا الشكل يمكن الاستنتاج بأن مؤشر قدرة المحركات يقل كلما زادت المساحة المزروعة، فهو مرتفع للمزارع ذات المساحات الصغيرة ومنخفض في حالة المساحات الكبيرة، فمثلا للمساحات الأقل من 50 هكتـــار يتراوح المؤشر بين 7 و 15 تقريبا، بينما للمساحات المحصورة بين 50 و 400 هكتار يتراوح المؤشر بين 7 و 4 تقريبا.

بما أن مؤشر القدرة يعكس مقدار القدرة اللازمة لمحركات رفع المياه من الآبار لوحدة المساحة فإن ارتفـــاع قيمته للمساحات الصغيرة يقود إلى استنتاج مهم مفاده أن القدرة المتوافرة في هذه المزارع أكبر بكثير مما تتطلبه هذه المساحات، بينما انخفاض مقداره في حالة المساحات الشاسعة يعني أن القدرة المتوافرة متناسبة مع الأعمال اللازمـــة لرفع المياه من الآبار.

نظرا لارتفاع قيمة مؤشر القدرة مع محدودية المساحة وانخفاضها بزيادة المساحة، يمكن الاستنتاج بأن هناك استهلاك عالٍ للطاقة المستخدمة في المزارع الصغيرة، بينما الطاقة المستخدمة في المزارع الواسعة مـــستغلة بـــشكل مناسب لتلبية المتطلبات المائية اللازمة لزراعة المحاصيل الكثيفة في المساحات الزراعية الواسعة.

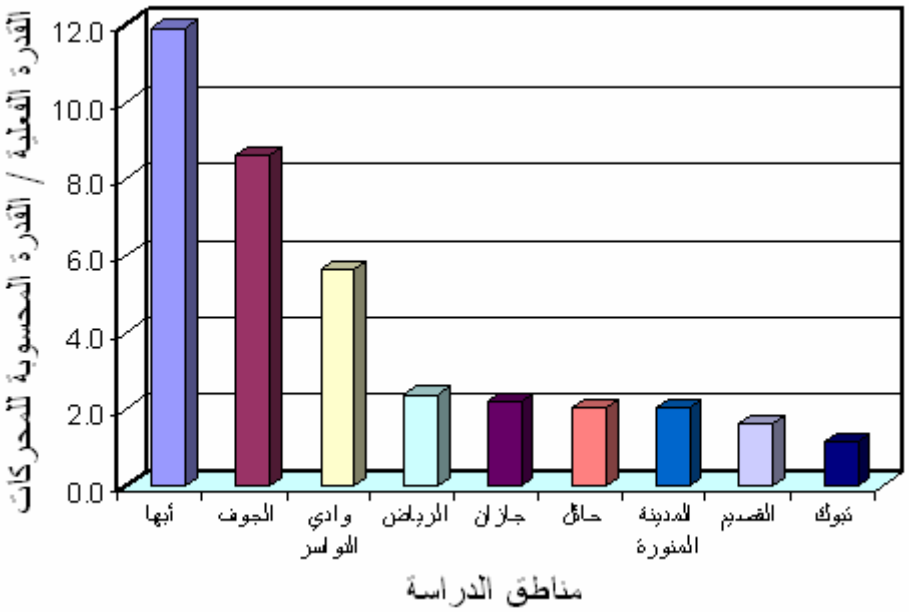


الشكل رقم 3. مؤشر قدرة محركات رفع المياه بالنسبة للمساحة المزروعة.

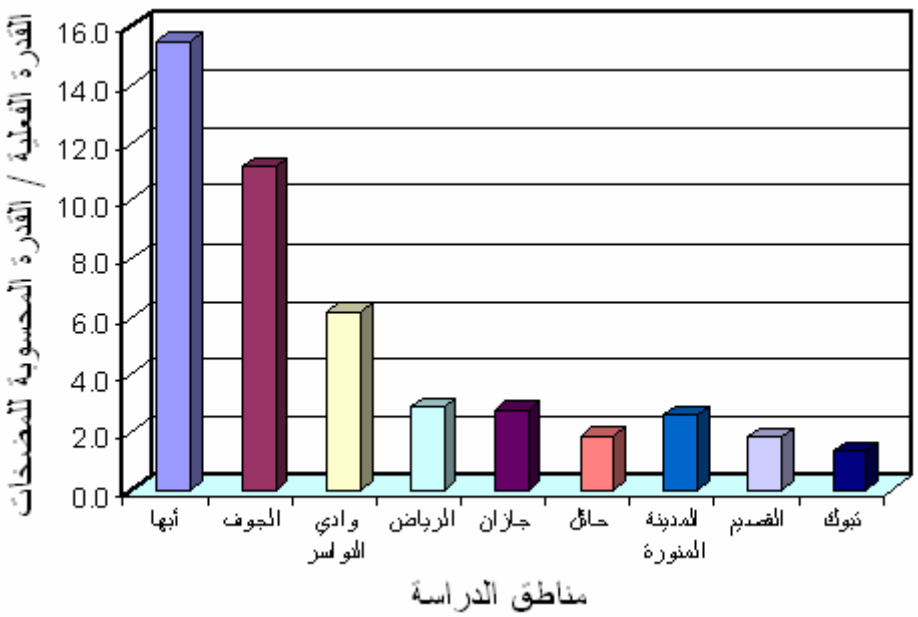
وللتأكد من كفاءة المزارع في استغلال القدرة للمحركات وللمضخات تم مقارنة القدرة الفعلية المتوافرة في المزارع لرفع المياه مع تلك المحسوبة على أساس المساحات والبيانات الهيدروليكية الأخرى لكـــل مزرعـــة، حيـــث استخدمت بعض البيانات الواردة في الاستبانة كالتصرف وأقطار الأنابيب وأطوالها ونوع المحاصيل المزروعة لحساب القدرة النموذجية للمضخات والمحركات لكل حالة ولكل مزرعة. ومن هذه البيانات والحسابات تم رسم أشـــكال بيانية توضح نسبة القدرة الفعلية إلى القدرة المحسوبة للمحركات وكذلك للمضخات مع مناطق الدراسة (الشكلان رقما 4 و 5).

يتضح من هذين الشكلين بأن نسبة القدرة الفعلية إلى القدرة المحسوبة للمحركات والمضخات هي الأعلى في منطقة أبها حيث بلغت تقريبا 12 ضعف للمحركات و16 ضعف بالنسبة للمضخات، والأقل في منطقة تبوك حيث بلغت ضعف واحد للمحركات وكذلك بالنسبة للمضخات. وتقل النسبة للمحركات والمضخات حسب التدرج الموضح في الشكلين رقمي (4 و 5)، فهذان الشكلان وما يحويانه من معلومات يؤكدان الاستنتاج السابق بأن المناطق الصغيرة مثل أبها تتوفر فيها قدرات لرفع المياه أكثر بكثير مما تحتاجه خاصة وأن رفع المياه في مثل هذه المناطق لا يتطلب إلى قدرات عالية؛ لأن المياه الجوفية فيها ضحلة، أي قريبة من سطح الأرض ولا تتجاوز في معظم الأحيان 40 متر.

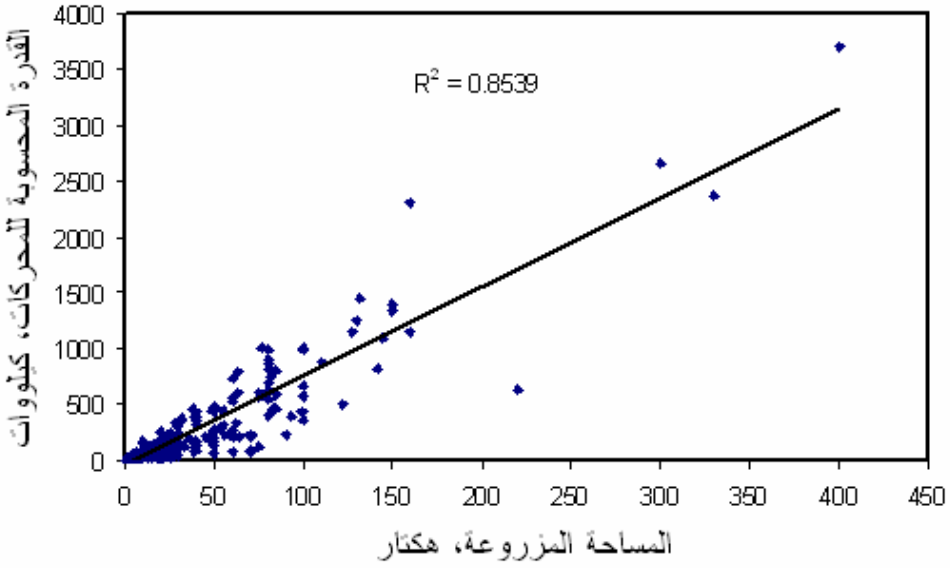
استخدمت البيانات المتوافرة عن الآبار وأعماقها وأقطار الأنابيب المستخدمة في تقدير قدرة المحركات لرفع المياه، وتم رسم علاقة بينها وبين المساحات المزروعة في المزارع المشمولة في الاستبانة (الشكل رقم 6). حيث يظهر الشكل النمط العام لزيادة القدرة اللازمة مع زيادة المساحة المزروعة، إذ إن العلاقة خطية ومعامل الارتباط يساوي 0.85. وهذا متوقع لأن القدرة لابد وأن تتناسب مع زيادة المساحة؛ لأنها تتطلب مزيداً من المحركات لتشغيل المضخات ذات القدرات العالية لرفع المياه.



الشكل رقم 4. نسبة القدرة الفعلية إلى القدرة المحسوبة لمحركات تشغيل المضخات لمناطق الدراسة.



الشكل رقم 5. نسبة القدرة الفعلية إلى القدرة المحسوبة لمضخات رفع المياه لمناطق الدراسة.



الشكل رقم 6. العلاقة بين قدرة محركات تشغيل المضخات المحسوبة والمساحة المزروعة.

القطر الاقتصادي للأنابيب

تم أخذ عينات من المزارع التي شملتها الاستبانة لمقارنة أقطار الأنابيب الموجودة فيها مع الأقطار الاقتصادية المحسوبة من المعادلة رقم (9)، حيث تم اختيار 17 مزرعة من منطقة الرياض لإجراء هذه الحسابات عليها (الجدول رقم 5)، يتضح من هذه البيانات أن أقطار الأنابيب المستخدمة في هذه المزارع تتراوح ما بين 4 و 8 بوصة، وبعد مقارنة أقطار هذه الأنابيب مع الأقطار الاقتصادية المحسوبة تبين بأن الأنابيب ذات الأقطار 5 و 6 بوصة تقع جميعها ضمن مدى الحدين الأدنى والأقصى للأقطار الاقتصادية (4.96 و 7.04 للقطر 5 بوصة) و (4.96 و

7.04 للقطر 6بوصة) ، بينما الأنابيب ذات الأقطار 4 بوصة كانت جميعها أقل من الحد الأدنى للقطر الاقتصادي (4.96 بوصة)، وكان هناك أيضا أنابيب ذات قطر 8 بوصة أكبر من الحد الأقصى للقطر الاقتصادي المحسوب (8.13 بوصة).

أما نتائج حسابات القطر الاقتصادي للأنابيب في المزارع التي تم زيارتها وإجراء القياسات الفعلية للتصرف والأقطار حيث اشتملت على خمس مضخات وأنابيب الطرد المتصلة بها في كل منطقة، فكانت الأقطار الفعلية المستخدمة تتراوح بين 4 و 12 بوصة، فوجد بأن معظم أقطارها تقع ضمن مدى الحدين (الأقصى والأدنى) للأقطار الاقتصادية، بل هي تقريبا أقرب للحد الأدنى، وهذا أمر مبرر لأن معظم المزارعون يميلون إلى شراء الأنابيب الأقل قطرا لتخفيض تكلفة الأنابيب، علما أن استخدام الأقطار الصغيرة لنقل المياه يؤدي إلى زيادة سرعة التدفق، وبالتالي زيادة فاقد ضاغط الاحتكاك، مما يزيد من تكلفة طاقة الضخ للتعويض عن الفاقد باستخدام مضخات قدراتها الحصانية عالية.

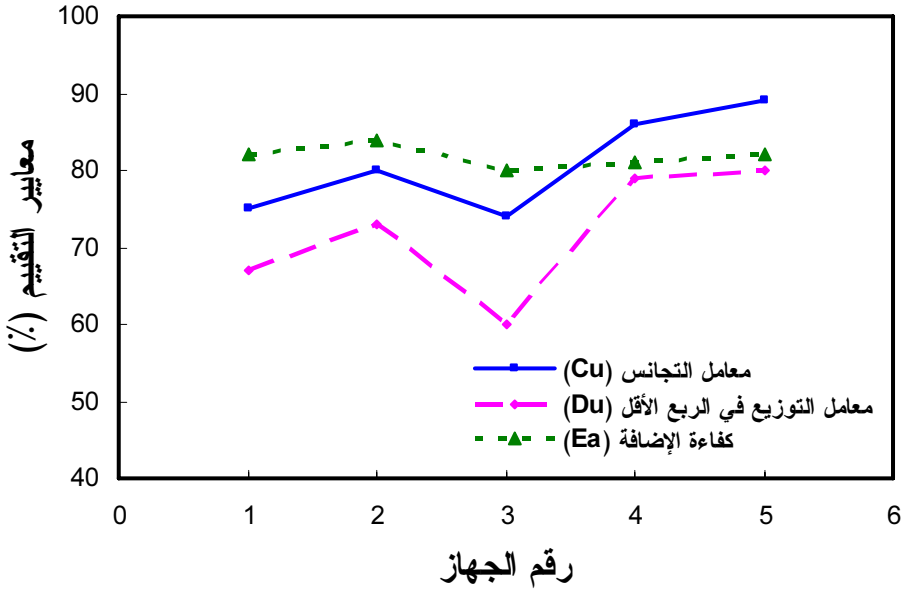
الجدول رقم 5. تقدير القطر الاقتصادي الأقصى والأدنى للأنابيب بالاستعانة ببيانات الاستبانة لمنطقة الرياض.

رقم المزرعة	القطر المستخدم (بوصة)	التصرف (جالون/دقيقة)	التصرف ($م^3$/ث)	القطر الأقصى (بوصة)	القطر الأدنى (بوصة)
129	4	600	0.04	7.04	5.43
138	4	500	0.03	6.43	4.96
139	4	600	0.04	7.04	5.43
130	5	600	0.04	7.04	5.43
142	5	500	0.03	6.43	4.96
128	6	600	0.04	7.04	5.43
132	6	600	0.04	7.04	5.43
137	6	500	0.03	6.43	4.96
141	6	600	0.04	7.04	5.43
127	7	800	0.05	8.13	6.28
133	7	600	0.04	7.04	5.43
134	7	600	0.04	7.04	5.43
135	7	600	0.04	7.04	5.43
136	7	700	0.04	7.61	5.87
131	8	700	0.04	7.61	5.87
140	8	800	0.05	8.13	6.28
143	8	800	0.05	8.13	6.28

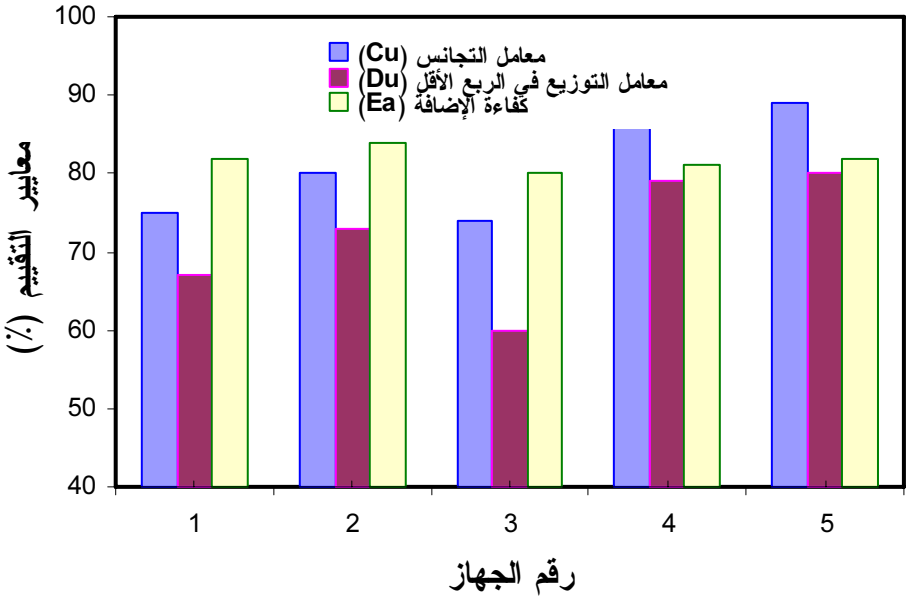
تقييم نظم الري بالرش المحوري

يلاحظ من الشكلين رقمي (7 و 8) أن كفاءة الإضافة كانت عالية وجيدة، ولكن الانتظامية منخفضة وغير مقبولة كما في الجهاز رقم 3، حيث أن الكفاءة تعتمد بدرجة كبيرة على الظروف الجوية المحيطة خلال إجراء التجربة، بينما الانتظامية تعتمد على التباين بين تصرفات الرشاشات على امتداد طول خط الرش وحالة التصميم

ومدى اتباع تعليمات الجهة المصنعة للجهاز، علماً بأن التقييم في جو معتدل من الشتاء حيث انخفـــاض درجـــات الحرارة وقلة الرياح, ومن المتوقع عند تقييم هذه الأجهزة في الصيف مثلا أن تنخفض كفاءة الإضافة عما أظهرتـــه النتائج الحالية.



الشكل رقم 7. معايير تقييم نظم الري بالرش المحوري لعدة مزارع في منطقة الرياض.



الشكل رقم 8. مقارنة بين معاملات التقييم لنظم الري بالرش المحوري.

المراجع

إسماعيل، ليث خليل. *الري والبزل*. وزارة التعليم العالي والبحث العالي، جامعة الموصل، العراق. (1988)، ص312.

بابعير، أحمد صالح، ومحمد فؤاد وهبي. المكننة الزراعية في وادي جيزان بالمملكة العربية السعودية. **مجلة الإمـــارات للعلوم الزراعية**. (1995) م7: 179-192.

الزيد، عبدالله عبدالرحمن، أميلو كونتانا، محمد إبراهيم أبو خيط، موسى نجيب نعمه، عصام عيـــسى بـــشور، وفليح السامرائي. الاحتياجات المائية للمحاصيل الرئيسة في المملكة العربية السعودية، وزارة الزراعة والميـــاه، المملكة العربية السعودية.(1988)، ص 23-44.

سكلا، شارل شكري. *هندسة الري والبزل*. وزارة التعليم العال، جامعة بغداد. (1981)، ص 186.

العذبة، عبدالرحمن علي، أحمد إبراهيم العمود، حسين محمد الغباري، وفوزي سعيد محمد. *تصميم نظم الري (المنظور الهندسي)*. النشر العلمي والمطابع، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية. (2003).

الفتياني، فاروق عبدالله، محمد أحمد أبو رحيم، حسم الدين محمد مراد مغازي، عبدالله السيد حسن، وعـــاطف عبد الحكيم جبران. شبكات الري والصرف – التخطـــيط والتـــصميم الهندســـي، هندســـة الـــري والهيدروليكا، كلية الهندسة، جامعة الإسكندرية. (2004)، ص 160.

وهبي، محمد وهبي، الجنوبي، عبدالرحمن عبدالعزيز، بدري، عبدالرحمن. *قدرة المحرك والجرار*، (كتاب مترجم من الانكليزية)، كلية الزراعة، جامعة الملك سعود. (1997)، ص 704.

Al-Amoud, I.A and K. A. Al-Hamoudi. *Cost analysis of ground water pumping for center pivot irrigation systems*. King Saud University, College of Agriculture, Agriculture Research Center, Bulletin No. 62. (1996).5-28.

Chen, K., J. W. Wolfe, R.B. Wensink, and M. A. Kizer. *Minimum energy designs for selected irrigation systems*. Paper No. 76-2037, ASAE, St. Josef, MI. (1976).

Jensen, M. E.(ed). *Design and operation of farm irrigation systems*. An ASAE Monograph No.3. ASAE, St. Josef, MI. (1983), 385-760.

Oliveira, D.F.; M. Riberiro; *C.E. Mantovani; A.A. Soares and C.A Teixeira. Energy Management of Pumping Systems in Irrigation Districts*. American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, Michigan. (2004).

Sloggett, G. Energy and U.S Agriculture: Irrigation Pumping, 1974-1977. Agri. Econ. Report No .436, USDA, Washington, DC. (1979).

Evaluation of Water Pumping and Distribution Energy Use For Irrigation Systems in Saudi Farms

Fawzi Said M.Mohammad, Saad A. Al-Hamed, Saleh A. Al-suhaibani, Mohamed Fouad I. Wahby

Agricultural Engineering Dept., College of Food and Agricultural Sciences,
King Saud University, P.O. Box 2460, Riyadh 11451, Saudi Arabia
Email: fdeeb@ksu.edu.sa
(Received 10/11/1428H ; accepted for publication 15/4 /1429H)

Key words: Energy, Pumping, Water lifting, Irrigation, Engines power, Pipes, Pipes economical diameter.
Abstract: The objective of this study was to evaluate the use of agricultural energy for water pumping and distribution for irrigation systems in Saudi Farms. The study covered nine regions of the Kingdom of Saudi Arabia (Qassim, Madina, Tabuk, Hail, Jouf, Abha, Jazan, Wadi Aldawaser, and Riyadh). These regions were selected for their agricultural importance and geographical representation. Agricultural data was collected from 200 farms including agricultural companies.

Power index and the percentage of actual power to estimated power were used as criteria to study the status of agricultural energy use for water pumping. Actual power was found for each farm through a questionnaire designed to study the status of agricultural energy in Saudi farms. Estimated power represents the required power for water pumping for each farm. It was estimated based on the calculation of flow rate of the pump depending on crop type, irrigation system type, irrigation duration, daily operation hours of the irrigation, and the water requirement for each crop and the region in the kingdom.

The results of questioners and field measurements showed that the most farms in the Kingdom are utilizing energy more than that required for actual work. The power index values for engines showed that they were reduced as the cultivated land area increased. The values of indict for areas less than 50 ha. was found to be in the range of 7 - 15. While it was from 7 - 4 for the areas ranged from 50-400 ha. The results showed that there were high consumptions of energy utilized in small farms. While the utilized energy in the vast farms are utilized properly to meet the huge power needed for pumping water from deep wells to meet water requirement to cultivate intensive crops in vast areas.