

ارزیابی بازده پمپ‌های آبیاری در استان زنجان

جواد ذبیحیان¹ و علیرضا امانلو^{2*}

تاریخ دریافت: 91/10/17 تاریخ پذیرش: 92/6/27

- 1- گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان
 - 2- مزرعه آموزشی و پژوهشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان
- * مسئول مکاتبه: E-mail: Aamanlo330@yahoo.com

چکیده

در دهه‌های اخیر با رشد و توسعه کشورها تقاضا برای مصرف آب افزایش یافته و منابع آب پایدار و تجدیدشونده به حالت ناپایدار و متکی به منابع انرژی تغییر یافته است. اطلاعات پراکنده نشان می‌دهد پمپ‌های آب بازده مطلوبی ندارند. طرح حاضر برای ارزیابی بازده پمپ‌های آب اجرا گردید. برای اجرای طرح، 104 ایستگاه پمپاژ انتخاب و برای هر ایستگاه، علاوه بر آبدهی پمپ، فشار و دمای آب، شدت جریان و ولتاژ در الکتروپمپ‌ها، و میزان مصرف سوخت در موتورپمپ‌ها اندازه‌گیری شد. بر اساس محاسبات انجام شده میانگین بازده برای الکتروپمپ‌های شناور 36 درصد، الکتروپمپ‌های کفکش 20/78 درصد، الکتروپمپ‌های گریز از مرکز 11/57 درصد، موتور پمپ‌های گریز از مرکز دیزلی 6/82 درصد و موتور پمپ‌های توربینی دیزلی 17/83 درصد به دست آمد. بر اساس نتایج طرح، از طریق استفاده از الکتروموتور به جای موتور دیزلی، استفاده از پمپ‌های بزرگ به جای پمپ‌های کوچک متعدد، اجرای طرح‌های پژوهشی، نصب سامانه اندازه‌گیری عمق سطح آب در چاه‌های عمیق، برگزاری کلاس‌های آموزشی و ترویجی، تعیین متولی و تشکیل کار گروه‌های اندازه‌گیری بازده، می‌توان وضعیت را بهبود بخشید و به نتایج عملی شامل: صرفه‌جویی قابل توجه در مصرف انرژی در سال و کاهش آلودگی محیط زیست دست یافت.

واژه‌های کلیدی: ایستگاه پمپاژ، بازده پمپ، پمپ آبیاری، صرفه‌جویی در انرژی

1- مقدمه

توسعه پایدار ضروری می‌باشد. در اسپانیا و بسیاری از کشورهای دیگر، انرژی الکتریکی از منابع مهم انرژی در آبیاری بوده و آبیاری و ماشین‌های کشاورزی از بیشترین مصرف‌کنندگان انرژی اعلام شده است. همچنین استفاده از انرژی در بخش آبیاری با توسعه آبیاری تحت فشار روبه افزایش است. بنابراین تحقیق با هدف افزایش بازده در استفاده از این انرژی باید انجام شود (میگوتل و همکاران، 2007). امروزه با توجه به تغییرات آب و هوا و روند روبه افزایش قیمت انرژی، گسترش روش‌ها، عمل‌کردها، و ابزار با هدف کاهش مصرف انرژی به منظور کم کردن اثرات زیست محیطی و بالا بردن سود اقتصادی ضروری می‌باشد. هرچند مصرف انرژی در بخش آبیاری به اندازه بخش صنعت و فعالیت‌های شهری نیست، اما سهم هزینه انرژی در بخش آبیاری از جمله نهاده‌های اصلی می‌باشد و در این بخش متناسب با توسعه و پیشرفت روش‌های نوین توزیع آب، مصرف انرژی افزایش می‌یابد (آبادیا و همکاران، 2008). استفاده از روش‌های آبیاری پربازده به منظور بالا بردن بهره‌وری تولید محصولات کشاورزی ضروری است؛ هرچند این امر موجب افزایش مصرف آب، مصرف انرژی و اثرات زیست محیطی خواهد شد، که از جمله این اثرات توسعه زمین‌های زراعی و از بین رفتن جنگل‌ها، علف‌زارها و زیست‌بوم‌ها (acetone's) می‌باشد (پایمنتل و همکاران، 2004).

توسعه روزافزون جوامع بشری در ابعاد مختلف نیاز به مصرف، نحوه توزیع و استفاده از آب را تحت تاثیر قرار داده است. اختراع و پیشرفت در ساخت پمپ‌هایی که بتواند آب را از اعماق زیاد بالا آورده و در سطح گسترده‌ای انتقال و توزیع نماید، امکان بر خورداری بیشتر بشر از منابع آب‌های زیرزمینی را فراهم نموده است، اما بهره‌برداری از این منابع بدون توجه به جایگزینی و تغذیه، آنها را به منابعی ناپایدار و وابسته به مصرف انرژی تبدیل نموده است. لذا وابستگی تنگاتنگ و متقابل آب و منابع انرژی، نظام سنتی پایدار گذشته را به یک نظام ناپایدار و وابسته به منابع انرژی تبدیل نموده است (ذبیحیان، 1385). کمبود و پایان‌پذیر بودن منابع انرژی فسیلی در آینده، دستیابی به منابع جدید انرژی را به هدف مهم جوامع بشری تبدیل نموده است؛ بنابراین مشکل آب در آینده علاوه بر محدودیت و مشکلات مربوط به منابع آب از منظر کمبود منابع انرژی نیز قابل تامل است، همچنین افزایش دانش در رابطه با مصرف انرژی در بخش کشاورزی به منظور کاهش مصرف انرژی از منابع ناپایدار و تجدیدناپذیر و نیز کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای حائز اهمیت است (خالدیان، 2010). استفاده معقول و منطقی از انرژی برای ایجاد

نیاز آبی منطقه و با پمپاژ مستقیم $2/66 \text{ MJ/m}^3$ و با پمپاژ غیرمستقیم $3/35 \text{ MJ/m}^3$ حاصل شد (امانلو و همکاران، 1389).

2- مواد و روش‌ها

استان زنجان در شمال غربی کشور واقع شده و در شمال با استان‌های اردبیل و گیلان، و در شمال شرقی و شرق با استان قزوین، در جنوب با استان همدان، در جنوب غربی با استان کردستان، در غرب با استان آذربایجان غربی و در شمال غربی با استان آذربایجان شرقی همسایه است. موقعیت جغرافیایی استان منطبق بر عرض جغرافیایی 35 درجه و 35 دقیقه تا 37 درجه و 15 دقیقه شمال و طول جغرافیایی 47 درجه و 15 دقیقه تا 45 درجه و 25 دقیقه شرقی از نصف‌النهار گرینویچ است. استان زنجان از حیث منابع آبی از استعدادی حدود 4 میلیارد متر مکعب برخوردار می‌باشد. آب‌های سطحی 25 درصد و آب‌های زیر زمینی 75 درصد کل منابع آبی استان را تشکیل می‌دهد. طبق آمار منتشر شده وزارت کشاورزی برای سال زراعی 84-85، کل اراضی زیر کشت استان زنجان 453272 هکتار بوده که 3/5 درصد کل اراضی کشور را شامل می‌شود. از این میان اراضی آبی 109027 هکتار است که 1/67 درصد کل کشور و 344245 هکتار اراضی دیم که 6/47 درصد کل کشور می‌باشد.

هزینه آب در یک مزرعه با مقدار آب پمپ شده و هزینه آبیاری بر حسب اینچ در هر ایکر تعیین می‌گردد. این هزینه‌ها تحت تاثیر عواملی همچون اندازه مزرعه، نیاز آبی گیاهان و میزان بارش می‌باشد. کنترل این عوامل بستگی به برنامه آبیاری، بازده آبیاری، بازده پمپ و فشار تولید شده در پمپ بالاخص در سامانه‌های آبیاری سنتریپیوت دارد و تغییر در نوع منبع تامین انرژی برای راه‌اندازی پمپ در بلند مدت می‌تواند سودده باشد (مارتین و همکاران، 2011). به منظور تعیین میزان انرژی مصرفی توسط آبیاری بارانی با منبع تغذیه از آب‌های زیرزمینی، در منطقه کشاورزی کونیا - کومرا در فصل آبیاری، طی سالهای 2004 تا 2005، میزان انرژی مصرفی در سامانه‌های آبیاری با پمپ‌های محور افقی با نیروی محرکه محور توندهی تراکتور $34/3 \text{ MJha}^{-1} \text{mm}^{-1}$ بدست آمد (توپاک و همکاران، 2004). این میزان در سامانه‌های آبیاری با الکترو پمپ‌های محور افقی و شناورها به ترتیب $42/9$ و $37/1 \text{ MJha}^{-1} \text{mm}^{-1}$ بود. و نیز طی بررسی انجام شده به منظور تعیین بازده انرژی و انرژی مصرفی در سامانه‌های آبیاری سنتریپیوت در استان زنجان، بازده پمپاژ مستقیم از منبع تامین آب به سامانه، 55% و بازده پمپاژ غیرمستقیم، 16% به دست آمد. همچنین مقدار مصرف انرژی برای آبیاری متناسب با

جدول 1- منابع آب‌های زیرزمینی استان زنجان و مقدار تخلیه سالانه آنها (بی نام، 1389) میلیون متر مکعب

سال آبی	چاه عمیق		نیمه عمیق		قنات		چشمه	
	تعداد	تخلیه سالانه	تعداد	تخلیه سالانه	تعداد	تخلیه سالانه	تعداد	تخلیه سالانه
1386-1387	2980	732	12379	218	801	49	9227	242
1387-1388	3043	735	12461	223	801	48	9227	249
1388-1389	3771	770	1406	317	743	47	6535	183

اخذ گردید. با توجه به اینکه برداشت از منابع آب اغلب بالاتر از حد مجاز مندرج در پروانه‌های بهره‌برداری بوده و یا غیر مجاز می‌باشد، لذا کشاورزان علاقه‌ای به همکاری با محققین نداشتند، اما با توجه به اینکه نمونه‌ها از پیش تعیین شده نبودند، به صورت پراکنده در مناطق مختلف استان قرار داشتند و فقط با مراجعه یا معرفی از طرف سایر همکاران به محل مراجعه و بر اساس موافقت کشاورز اقدام به جمع‌آوری داده‌ها می‌گردید، می‌توان گفت که نمونه‌گیری تصادفی بوده و مطابق جدول (3) از تمام انواع موتورپمپ‌ها و منابع توان در نمونه‌ها موجود می‌باشد. لازم به ذکر است که امکان اندازه‌گیری داده‌ها در تمام ایستگاه‌های پمپاژ ممکن نبود، لذا از این نظر نیز محدودیت‌هایی وجود داشت. پارامترهای اصلی برای تعیین انرژی الکتریکی مصرفی، شدت جریان مصرفی و ولتاژ است، که با استفاده از به ترتیب، آمپر متر انبری دیجیتالی با دقت 0/01 آمپر و ولت متر

با توجه به اصل مهم مدیریت مصرف انرژی و فوائد آن و اینکه بخش آبیاری از عمده‌ترین مصرف‌کنندگان انرژی در تولیدات کشاورزی می‌باشد، این طرح تنظیم گردید. پمپاژ آب در آبیاری از مهم‌ترین بخش‌ها در هر سامانه آبیاری، اعم از سنتی و پیشرفته می‌باشد؛ لذا با عنایت به مشکلات مشاهده شده در این قسمت، بخش مزبور انتخاب و به شرح زیر جهت حصول به نتیجه اقدام گردید. آبدهی چاه و پمپ ایستگاه پمپاژ، و نیز شدت جریان و ولتاژ در تابلو های برق چاه عمیق و ایستگاه پمپاژ اندازه‌گیری و مشخصات فنی پمپ‌ها و الکتروموتورها ثبت گردید.

2-1- نحوه جمع‌آوری داده‌ها

با مراجعه به هریک از ایستگاه‌های پمپاژ بر مبنای همکاری داوطلبانه مالکین اندازه‌گیری های لازم انجام و اطلاعات مورد نیاز

2-2-3- اندازه‌گیری عمق سطح دینامیکی آب

با توجه به مفهوم عمق سطح دینامیکی می‌توان گفت، ارتفاعی که پمپ آب را بالا می‌برد، برابر فاصله سطح دینامیکی آب تا سطح زمین است؛ لذا در محاسبه توان مفید سامانه باید از عمق سطح دینامیکی استفاده شود. اندازه‌گیری دقیق عمق سطح دینامیکی از مشکلات اساسی این طرح بود. چون اکثر چاه‌های مورد استفاده در سامانه‌ها از نوع چاه عمیق بود، لذا به علت فاصله کم لوله آبد به لوله جدار چاه، عبور دادن سیم‌های عمق‌یاب الکتریکی از این فاصله امکان‌پذیر نیست. بنابراین عمق پمپ به عنوان عمق سطح دینامیکی در نظر گرفته شد. در مواردی به چاه‌هایی برخورد شد که از لوله خروجی چاه توام با آب هوا خارج می‌شد؛ که این به معنی عدم تطابق ظرفیت آبدی چاه با ظرفیت پمپ نصب شده بود. به عبارت دیگر، در این وضعیت سطح دینامیکی آب، با دهانه مکش پمپ هم سطح بود و یا با فاصله کمی از آن قرار داشت. در این حالت عمق نصب پمپ با سطح دینامیکی برابر است، که با سوال از صاحب چاه اندازه آن ثبت شد. فشار آب خروجی نیز با استفاده از فشار سنج نصب شده در خروجی قرائت و ثبت گردید.

2-2-4- محاسبه توان مصرفی در موتورهای احتراقی

سوخت مصرفی که در موتور پمپ‌ها نفت گاز بود، در واحد زمان و به روش باک پر اندازه‌گیری شد. ارزش حرارتی گازوئیل در منابع به دو صورت ارزش حرارتی بالا و ارزش حرارتی پایین تعیین شده است. طبق استانداردهای مورد استفاده در نیروگاه‌ها ارزش حرارتی بالا برابر $38/7 \text{ MJ/L}$ ، برای انجام محاسبات با استفاده از رابطه زیر به کار گرفته شده است (ذبیحیان، 1385):

$$E_f = Q_i \times E_i \quad (4)$$

که در این رابطه E_f انرژی مصرفی بر حسب MJ/h ، Q_i مقدار سوخت مصرف شده بر حسب L/h و E_i انرژی حرارتی سوخت بر حسب MJ/L می‌باشد.

2-3- انجام محاسبات

2-3-1- افت انرژی در لوله‌ها

2-3-1-1- سرعت متوسط آب

سرعت متوسط آب در لوله که با V نشان داده می‌شود از رابطه ذیل محاسبه شده است:

$$V = \frac{Q}{S} \quad (5)$$

که در آن V سرعت متوسط آب در لوله، Q آبدی و S سطح مقطع داخلی لوله می‌باشد.

در ورودی تابلو اندازه‌گیری و ثبت شدند. برای اندازه‌گیری فشار آب در خروجی چاه و ایستگاه پمپاژ از فشارسنج استفاده شد. برای این کار اتصالات مورد نیاز تهیه و در صورت نیاز و نبودن فشارسنج در ایستگاه نصب گردید. یکی دیگر از پارامترهای مهم برای تعیین مصرف انرژی، اندازه‌گیری خروجی سامانه، که در این مورد آبدی است، می‌باشد. برای اندازه‌گیری آبدی از روش حجمی که بعد از روش وزنی دقیق‌ترین روش می‌باشد استفاده شد (ذبیحیان، 1385). در اغلب سامانه‌های آبیاری از یک حوضچه برای ذخیره آب استفاده شده بود. بنابراین به علت آزاد بودن سر لوله‌های خروجی از ظروف بزرگ در محل خروجی آب جهت اندازه‌گیری آبدی به روش حجمی استفاده شد. زمان با استفاده از کرومومتر دیجیتال با دقت صدم ثانیه ثبت گردید. سرعت دورانی محور پمپ با دورسنج دیجیتالی اندازه‌گیری شد.

2-2- روابط مورد استفاده

2-2-1- اندازه‌گیری انرژی الکتریکی مصرفی

2-2-1-1- ضریب توان

از فاکتورهای مهم برای اندازه‌گیری توان مصرفی موتورهای ضریب توان ($\cos\phi$) می‌باشد که در روی پلاک موتورهای الکتریکی درج می‌شود. ضریب توان موتورهای القایی سه فاز از $0/63$ تا $0/94$ متغیر است (ذبیحیان، 1385). ضریب توان موتورهای الکتریکی روزمینی از پلاک روی موتور قرائت، و موتور پمپ‌های شناور از دفترچه راهنمای آنها استخراج شد.

2-2-1-2- محاسبه توان مصرفی در موتورهای

الکتریکی

در موتورهای الکتریکی تک‌فاز توان با استفاده از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$P = VI \cos j \quad (1)$$

که در این رابطه P توان مصرفی بر حسب وات، V ولتاژ بر حسب ولت، و I شدت جریان بر حسب آمپر می‌باشد. برای اندازه‌گیری توان مصرفی در موتورهای الکتریکی سه فاز فرمول فوق به شرح زیر تغییر می‌یابد:

$$P = \sqrt{3}VI \cos j \quad (2)$$

2-2-2- محاسبه آبدی

$$Q = \frac{v}{t} \quad (3)$$

در این رابطه Q آبدی سامانه بر حسب لیتر در ثانیه، v حجم مخزن بر حسب لیتر و t زمان پر شدن مخزن بر حسب ثانیه می‌باشد.

2-1-3-2- ارتفاع نمایش دهنده سرعت

انرژی جنبشی آب در لوله در واحد وزن یا پتانسیل جنبشی آب داخل لوله تحت عنوان ارتفاع نمایش دهنده سرعت مورد استفاده قرار گرفته و با علامت H_V نشان داده شده و از رابطه زیر به دست آمده می‌آید:

$$H_V = \frac{V^2}{2g} \quad (6)$$

3-1-3-2- رابطه‌ی هازن ویلیامز¹

رابطه‌ی هازن ویلیامز که به طور وسیعی در طراحی لوله‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، برای مطالعه شبکه توزیع آب که در آن لوله‌های به قطر 75 میلی‌متر (3 اینچ) یا بزرگتر استفاده شده و آبدهی بیشتر از $3/2 \text{ L s}^{-1}$ پیشنهاد شده است (والیانزاس، 2005 و کالر، 1990). در این شرایط عدد رینولدز بزرگتر از 5×10^4 است. این رابطه افت انرژی ناشی از اصطکاک را به صورت موفقیت‌آمیز تعیین می‌کند:

$$H_f = KL \left(\frac{Q}{C_{HW}} \right)^{1/852} D^{-4/87} \quad (7)$$

که در آن H_f افت اصطکاک بر حسب متر، K برابر با $10/56$ برای آبدهی Q بر حسب $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ و قطر لوله D بر حسب متر، و K برابر با $10^{10} \times 1/22$ برای آبدهی Q بر حسب L s^{-1} و قطر لوله بر حسب mm ، L طول لوله بر حسب m ، Q آبدهی (واحد‌ها مطابق توضیح K) و C_{HW} ضریب هازن ویلیامز می‌باشد.

2-1-3-2- افت انرژی موضعی

افت انرژی موضعی به مواردی گفته می‌شود که در شرایط جریان به طور موضعی تغییراتی اتفاق بیفتد. این وضعیت در زانوها، شیر فلکه‌ها و انواع اتصالات ورودی و خروجی پیش می‌آید. روش‌های تجربی متعددی برای محاسبه افت انرژی موضعی ارائه شده است. یکی از روش‌های تعیین افت انرژی موضعی، تعیین آن بر اساس ارتفاع نمایش‌دهنده سرعت است و از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$H_m = k \frac{V^2}{2g} \quad (8)$$

که در آن H_m افت انرژی موضعی، k ضریب افت انرژی موضعی، V سرعت آب در لوله، و g شتاب ثقل می‌باشد.

2-3-2- محاسبه ارتفاع دینامیک کل²

$$TDH = H_D + H_L + H_V + H_f + H_m \quad (9)$$

که در این رابطه H_D ارتفاع دینامیکی آب³، H_L اختلاف ارتفاع لبه چاه تا محور لوله تخلیه، H_V ارتفاع نمایش دهنده سرعت، H_f افت انرژی در لوله و H_m افت انرژی موضعی می‌باشد.

2-3-3-2- محاسبه توان آبی

توان آبی مقدار انرژی است که در واحد زمان از طریق پمپ به آب منتقل می‌شود که با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$WHP = \frac{Q \cdot g \cdot H_T}{75} \quad (10)$$

که در این رابطه WHP توان آبی بر حسب hp ، Q آبدهی بر حسب L s^{-1} ، g وزن مخصوص آب بر حسب kg/L و H_T ارتفاع دینامیک کل بر حسب m می‌باشد. توان آبی بر حسب کیلووات از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$kW = \frac{Q \cdot H_T \cdot 9.81}{1000} \quad (11)$$

و در این رابطه kW توان آبی بر حسب kW و $9/81$ شتاب ثقل می‌باشد.

2-3-3-4- بازده یا راندمان

بازده انرژی کل GEE ⁴ از نسبت انرژی مورد نیاز برای رساندن آب به شبکه آب مزرعه (E_r) به انرژی واقعی مصرف شده (E_c) به دست می‌آید و بر حسب درصد محاسبه می‌شود (آبادیا و همکاران، 2008).

$$GEE = \frac{E_r}{E_c} \times 100 \quad (12)$$

که در این رابطه GEE بر حسب درصد، E_r (Required energy) و E_c (Energy actually consumed) می‌باشد. برای محاسبه توان مورد نیاز از رابطه توان آبی استفاده شد و به منظور محاسبه توان واقعی مورد نیاز با استفاده از اندازه‌گیری ولتاژ و شدت جریان، و استفاده از روابط (2) مقدار انرژی مصرفی واقعی به دست آمد. در مورد موتورهای دیزل این مقدار از انرژی با استفاده از اندازه‌گیری مقدار سوخت مصرفی و رابطه (4) به دست آمد. در نتیجه رابطه فوق به شرح زیر تغییر می‌یابد:

$$E_{ef} = \frac{WkW}{P} \times 100 \quad (13)$$

که در این رابطه E_{ef} بازده یا راندمان، WkW توان آبی بر حسب kW و P توان واقعی مصرف شده می‌باشد.

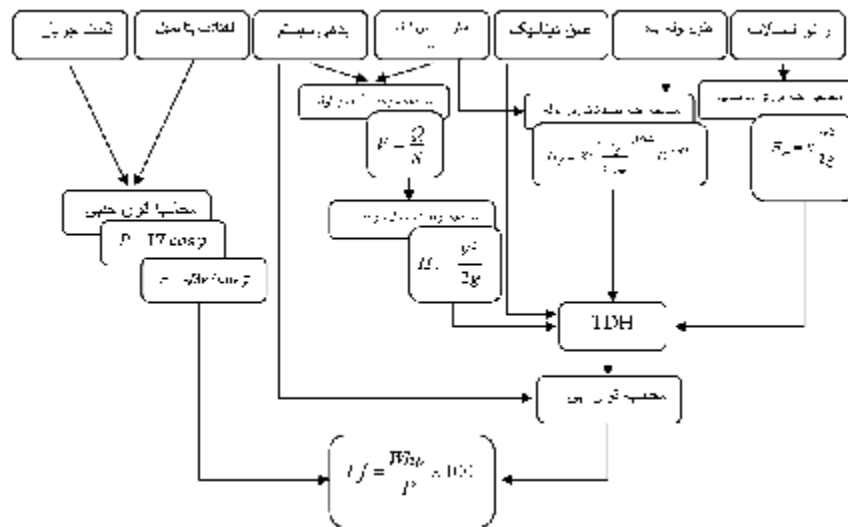
شکل 1 روند نمای خلاصه محاسبات بازده ایستگاه‌های پمپاژ را نشان می‌دهد.

³ - Dynamic water level

⁴ - Global Energy Efficiency

¹-Hasen Williams

²- Total dynamic head



شکل 1- روند نمای خلاصه محاسبات بازده ایستگاه‌های پمپاژ

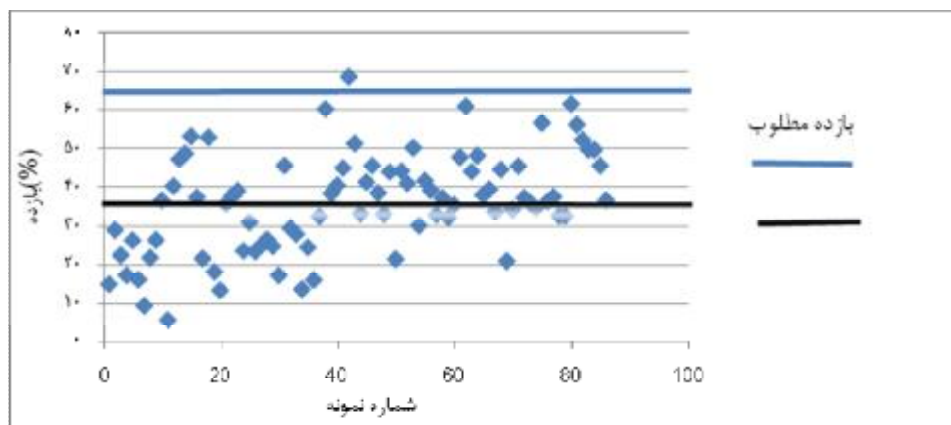
4- نتایج و بحث

کلیه اطلاعات جمع‌آوری شده در نرم افزار Excel وارد گردید و محاسبات مطابق روابط ارائه شده، در این نرم افزار انجام شد و در نهایت محاسبات آماری مربوط در نرم افزار SPSS 18 وارد و نتایج زیر حاصل شد. در طرح‌های مورد مطالعه با توجه به اینکه در الکتروپمپ‌های شناور و کفکش، موتور و پمپ به‌طور مستقیم به یکدیگر متصل گردیده بودند و در سایر الکتروموتورها نیز از تسمه برای انتقال قدرت استفاده نشده بود و الکتروموتورها روی یک شاسی نصب و توسط کوپلینگ به هم دیگر متصل شده بودند، لذا بازده انتقال توان 100% در نظر گرفته شد. در نهایت بازده محاسبه، و در موتور پمپ‌های برقی با مقدار مطلوب مقایسه آماری گردید. مقدار بازده مطلوب جهت مقایسه، بر مبنای بازده قابل حصول پمپ‌ها بر اساس دفترچه راهنمای کارخانه‌های سازنده پمپ، و نیز سایر طرح-

های تحقیقاتی به دست آمد. بر این اساس مقدار بازده مطلوب مطابق جدول 2 می‌باشد. معیار نبراسکا مقدار خروجی پمپ (kW) بر سوخت ورودی (kW/ft³/min/gal) را ارائه می‌دهد که به عنوان معیار پذیرفته شده‌ای جهت ارزیابی و بهبود بازده ایستگاه‌های پمپاژ کشاورزی مورد استناد قرار گرفته شده است (رضوانی و همکاران، 1386 و روگرس، 2006) مقادیر این جدول با مقدار بازده قابل تحصیل از پمپ‌ها مطابق دفترچه‌های راهنمای ارائه شده توسط سازندگان پمپ‌ها نیز مطابقت دارد (بی‌نام، 1392). نتیجه تجزیه آماری نشان داد که اختلاف در سطح 1% معنی‌دار بود، لذا با اطمینان 99% می‌توان گفت بازده اندازه‌گیری شده موتور الکترو پمپ‌ها، کمتر از مقدار مطلوب است. این مقایسه در موتور پمپ‌های دیزل نیز نتایج فوق را داشت و اختلاف با مقدار مطلوب در سطح 1% معنی‌دار بود.

جدول 2- معیار بازده ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری نبراسکا (New et. al., 1988)

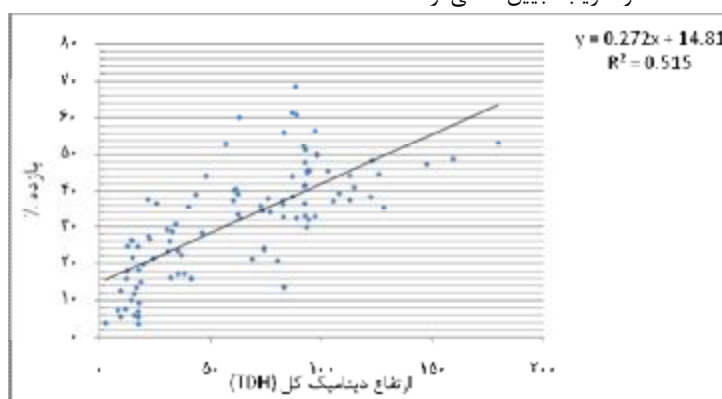
نوع موتور	بازده واحد توان (موتور)	بازده مجموع
الکتریکی	88%	66%
دیزل	33%	24%
گاز طبیعی	24%	17%



شکل 3- نمودار پراکندگی بازده پمپها و مقایسه آن با بازده مطلوب در موتور الکترو پمپها

آن است که 45% از تغییرات، ناشی از همبستگی بین توان آبی و بازده کل و مابقی مربوط به سایر عوامل می‌باشد. بنابراین در انتخاب پمپ بر مبنای استفاده از پمپ‌های بزرگتر به جای چند پمپ کوچک که منجر به بالا رفتن بازده کل و صرفه جویی قابل توجه در مصرف انرژی خواهد شد این مقدار قابل اعتنا و توجه می‌باشد. با نگاهی به جدول 3 موتور پمپ‌های شناور برقی با میانگین بازده 36% و بازده حداکثری 68/7%، میانگین آبدی $23/88 \text{ L s}^{-1}$ را دارا می‌باشند، که تایید این موضوع می‌باشد و موتور پمپ‌های توربینی دیزلی علیرغم دارا بودن آبدی بالا به علت پائین بودن بازده موتورهای دیزلی (20%) دارای میانگین بازده 17/83% می‌باشند (ذبیحیان، 1385 و نیو و همکاران، 1988).

همچنین بررسی نمودار پراکندگی پمپها در شکل 3 نیز گویای این مطلب می‌باشد، که تقریباً بازده تمامی پمپها کمتر از مقدار مطلوب می‌باشد. از بررسی نمودارهای بازده پمپها در دفترچه‌های راهنمای پمپها و بررسی سایر منابع به این نتیجه می‌رسیم که بازده پمپ‌های بزرگتر بیشتر از پمپ‌های کوچک است (ذبیحیان، 1385 و امانلو و همکاران، 1389). بر این اساس همبستگی بین توان آبی با بازده کل مورد آزمون قرار گرفت (شکل 5). نتایج نشان داد که این همبستگی در سطح 1% معنی‌دار می‌باشد؛ یعنی با اطمینان 99% میتوان گفت که بازده پمپ‌های بزرگتر بیشتر است که با نتایج حاصل از تحقیق امانلو و همکاران (1389)، رضوانی و همکاران (1386) و ذبیحیان (1385) مطابقت دارد. مقدار R به دست آمده 67/ و مقدار R^2 ، 448/ مقدار ضریب تبیین حاکی از



شکل 4- نمودار رابطه بازده کل با ارتفاع دینامیک کل

پمپ‌هایی که با حداکثر ظرفیت دینامیک کل طراحی شده و مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند دارای بازده بالاتر هستند. مقدار R به دست آمده 71/ و مقدار R^2 ، 515/، محاسبه شد. مقدار ضریب تبیین حاکی از این است که 51% از تغییرات، ناشی از

همچنین بررسی همبستگی بازده کل با ارتفاع دینامیکی کل نشان می‌دهد که این همبستگی نیز در سطح 1% معنی‌دار است که این نتیجه با نتایج حاصل از تحقیق رضوانی و همکاران (2007) مطابقت دارد؛ یعنی با اطمینان 99% می‌توان گفت

بازده کل و صرفه جوئی قابل توجه در مصرف انرژی خواهد شد، این مقدار قابل اعتنا و توجه می‌باشد.

همبستگی بین ارتفاع دینامیک کل و بازده کل و مابقی مربوط به سایر عوامل می‌باشد. بنابراین در انتخاب پمپ بر مبنای استفاده از حداکثر ارتفاع دینامیک کل که منجر به بالا رفتن

جدول 3- خلاصه محاسبات بازده انواع موتور پمپ

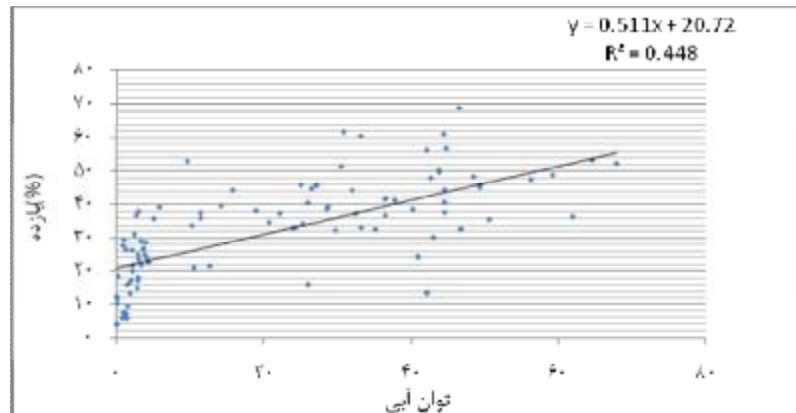
ردیف	نوع موتور پمپ	تعداد	میانگین بازده	حداکثر بازده	حد اقل بازده	میانگین آبدی ¹ LS ⁻¹
1	موتور پمپ شناور برقی	86	36	68/7	9/41	23/88
2	موتور پمپ کفکش برقی	4	20/78	28/57	16	6/33
3	موتور پمپ گریز از مرکز برقی	6	11/57	26/72	3/89	2/58
4	موتور پمپ گریز از مرکز دیزل	5	6/82	7/68	5/75	6/91
5	موتور پمپ توربینی دیزل	3	17/83	24	13/5	42/8

می‌باشد (1386). طبق معیار بازده ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری نبراسکا نیز بازده موتور پمپ‌های دیزل پائین می‌باشد (نیو و همکاران، 1988).

4- نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به دست آمده در رابطه با همبستگی توان آبی با بازده کل استفاده از موتور پمپ‌های بزرگ به جای چندین موتور پمپ کوچک از لحاظ بازده کار و مصرف انرژی مقرون به صرفه و قابل توصیه است و نکته مهم دیگر برای کسب بازده بالا در ایستگاه پمپاژ این است که، باید از پمپ در همان سطح دینامیکی طراحی شده بهره‌برداری نمود و بهره‌برداری در سطح پائین تر باعث کاهش بازده پمپ خواهد شد. همچنین این تحقیق و نتایج حاصل از تحقیقات انجام شده فوق دلیل محکمی برای جایگزینی موتور پمپ‌های دیزلی با انواع برقی است، که البته نیازمند سرمایه‌گذاری زیر بنایی از سوی دولت جهت توسعه شبکه برق‌رسانی می‌باشد. لذا با عنایت به بالا بودن هزینه توسعه شبکه برق‌رسانی، بالا بردن بازده پمپ‌های برقی در کاهش و موثر بودن این سرمایه‌گذاری زیربنایی، موثر خواهد بود. در نتیجه تعیین یک متولی در دستگاه‌های دولتی و نظارت مستمر از سوی دولت و تعیین گروه‌های کاری جهت کنترل و نظارت بر بازده ایستگاه‌های پمپاژ امری ضروری به نظر می‌رسد. تحقق نتایج فوق و بهینه‌سازی بازده پمپ‌ها علاوه بر کاهش مصرف انرژی‌های تجدید ناپذیر کاهش آلودگی‌های زیست محیطی، کاهش سرمایه‌گذاری در صنعت برق به منظور بهره‌برداری از ایستگاه‌های پمپاژ را نیز در پی خواهد داشت.

بررسی جدول 3 نشان می‌دهد که بازده الکترو پمپ‌های شناور نسبت به سایرین بالاتر می‌باشد؛ دلیل این امر را چنین می‌توان ذکر کرد که چون انتخاب این نوع الکترو پمپ‌ها اغلب به دلیل پیچیدگی نسبی و حساسیت کار با مشاوره متخصصین و افراد مجرب صورت می‌گیرد، و این در حالی است که سایر پمپ‌ها به آسانی، و اغلب با مشاوره فروشندگان تهیه و نصب می‌شوند. موتور پمپ‌های دیزل نیز در پائین‌ترین سطح از نظر بازده قرار دارند که این نتیجه نیز با نتایج رضوانی و همکاران (1386) مطابقت دارد. بازده یک پمپ با مشخصات معینی نسبت به آبدی و ارتفاع تغییر می‌کند و هر پمپی در محدوده معینی از آبدی و فشار، دارای بازده حداکثر می‌باشد. سوال مهم این است که آیا موتور پمپ مناسب برای شرایط موجود انتخاب شده است و اگر تغییراتی در شرایط پمپاژ از لحاظ فشار و آبدی اتفاق افتاده آیا پمپ برای شرایط فعلی مناسب است یا خیر؟ پاسخ این سوال مستلزم در دست داشتن منحنی با ارقام آزمایش پمپاژ در هنگام نصب موتور پمپ و شرایط فعلی پمپاژ می‌باشد؛ اما اغلب چاه‌های دستی بدون آزمایش پمپاژ تجهیز گردیده‌اند. میانگین بازده چاه‌های عمیق، دستی و استخرها به ترتیب 36، 21، 10/12 درصد به دست آمد. با توجه به اینکه تجهیز چاه‌های عمیق اغلب توسط متخصصین انجام می‌گیرد و در چاه‌های دستی و استخرهای ذخیره آب، معمولاً افراد با تکیه بر تجربه خود اقدام به خرید و نصب پمپ می‌نمایند، لذا این امر می‌تواند دلیلی برای پایین بودن بازده این قبیل ایستگاه‌های پمپاژ باشد. این یافته به نتایج رضوانی و همکاران نیز نزدیک



شکل 5- نمودار رابطه توان آبی با بازده کل

منابع مورد استفاده

امانلو، ا. - 1389. مقایسه انرژی ورودی سامانه های آبیاری؛ سنتر پیوت و آب پاش ثابت در تولید محصولات استان زنجان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، کرج.

بی نام - 1389. سال نامه آماری استان زنجان، معاونت برنامه ریزی استانداری زنجان. <http://salnamehamari.ostandari-zn.ir>.

بی نام - 1392. کتاب راهنمای الکتروپمپ های شناور، شرکت سولارپمپ تبریز، www.Soularpump.com.

دبیحیان، ج. - 1385. ارزیابی بازده انرژی پمپ های آب در استان زنجان، معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری اسلامی ایران.

رضوانی، س. م.، فرزاد نیا و س. امین - 1386. ارزیابی بازده و مصرف انرژی ایستگاه پمپاژ آبیاری تحت فشار در برخی از مزارع استان های کرمان و همدان، همایش علمی برنامه ملی آبیاری تحت فشار و توسعه پایدار.

Abadia, R., C. Rocamora, A. Ruiz, and H. Puerto. 2008. *Energy efficiency in irrigation distribution networks I: theory*. Journal of Biosystems Engineering., 101: 21-27

Keller, J. and R. D. Bliesner. 1990. *Sprinkle and trickle irrigation*. Published by Van Nostrand Reinhold. New York. USA.

Khaledian, M.R., J.C. Maihol, P. Ruelle, I. Mubarak, and S. Perret. 2010. *The impact of direct seeding into mulch on the energy balance of crop production system in the SE of France*. Soil & Tillage Research, 106: 218-226.

Martin, D. L., T. W. Dorn, S. R. Melvin, A. J. Corr, and W.L. Kranz. 2011. *Evaluating energy use for pumping irrigation water*. Proceeding of the 23rd Annual Central Plains Irrigation Conference, CO, Available from CPIA, 760 N. Thompson, Colby, Kansas.

Miguel, A. M., A.C. Pedro, P. Patricio, F. O. Jose, and M. T. Jose. 2007. *Measurement and improvement of the energy efficiency at the pumping stations*. Journal of Biosystems Engineering., 98: 479-486.

New, L. L. and A. D. Schneider. 1988. *Irrigation pumping plant efficiencies-High plains and Trans-Pecos Area of Texas*. Population # MP-1643. Texas agriculture experiment Station, Texas A&M university system, College station, TX. Available on:<http://www.nj.nrcs.usda.gov/technical/engineering/irrigation.html>.

Valiantzas, J. D. 2005. *Modified Hasen-Williams and Darcy-Weisbach equation for friction and local head losses along irrigation laterals*. Irrig Drain Eng, ASCE, 131(4): 342-350.

Evaluation of Energy Efficiency of Water Pumps in Zanjan Province of Iran

Javad Zabiheian¹ and Alireza Amanloo^{2*}

¹Department of Irrigation and Drainage Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran

²Education and Research Farm, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran

*Corresponding author: E-mail: Aamanlo330@yahoo.com

Abstract

In recent decades, growth and development of countries have been coincided with great increase in water demand. So renewable and sustainable water resources used in the past, have been replaced with sustainable and energy dependent resources. Scattered information indicates that the irrigation pump efficiency is undesirable. Therefore, the present research was conducted to evaluate the irrigation pumps efficiencies. To implement the project, 104 pumping stations were selected in Zanjan province, Iran, considering the feasibility of efficiency measurement, for this purpose, the discharge rate, water pressure and its temperature were measured. Also, input voltage and current for electrically driven, and, fuel consumption for diesel engine driven pumps were measured. Results showed that the average efficiencies were 36%, 20/78%, 11/57%, 6/82%, 17/83% for submersible pumps, drainage electro pumps, centrifugal electro pumps diesel engine driven centrifugal pumps and diesel engine driven multistage centrifugal pumps respectively. Results suggested that, replacing diesel engine driven pumps with electric pumps, using a single large pumps instead of several small pumps, organizing training courses for farmers, improving extension services, periodic inspection of the stations and in place measurement of pumps efficiencies by responsible bodies, can significantly improve the efficiency of the pumps efficiencies, and significant amount of savings in annual energy consumption and investment in electricity industry as well as reduction in environmental pollution can be achieved.

Keywords: Energy savings, Irrigation pump, Pumps efficiencies, Pumping station