فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۲۰، بهار ۹۱

بازیافت انرژی درآب دریای‌خلیج فارس و خلیج‌گرگان به روش اسمزمعکوس

کلثوم نادری [1*]

knaderi29@gmail.com

چکیده

استفاده از فناوری اسمزمعکوس(SWRO) درسامانه‌های آب شیرین‌کن دردهه‌های اخیر به علت کاربرد دستگاه‌های بازیافت انرژی و تکنولوژی‌های مدرن تولید غشاء از رشد چشمگیری برخوردار است. دستگاه‌های مختلفی جهت بازیافت انرژی در فناوری SWRO وجود دارندکه هرکدام دارای خصوصیات، مزایا و معایب‌خاص‌خود می‌باشند.

هدف این مقاله بررسی و ارزیابی‌کاربرد دستگاه‌های بازیافت انرژی دردو حوضه مهم‌آبریز کشوردرشمال(خلیج‌گرگان) و درجنوب (خلیج فارس) به منظور تهیه آب‌شرب شهری بعدازتصویب قانون هدفمندکردن یارانه‌ها در بخش انرژی می‌باشد.

بدین منظور ابتدا هر یک از دستگاه‌های بازیافت انرژی معرفی، سپس به کمک نرم افزار رزا پارامترهای مورد نظربرای تولید ۲۰۰۰۰ متر مکعب درروز آب‌شیرین تعیین، و انرژی مصرفی ویژه (SEC) باچهارروش چرخ پلتون، توربو شارژ، مبدل فشار، مبدل‌کار به کمک نرم افزارهای مربوطه محاسبه و براساس قیمت انرژی سال۹۰در بخش آب شیرین‌کن‌ها هزینه‌سالیانه مصرف انرژی (برق کل(درهردو حوضه محاسبه گردیده است.

با تجزیه تحلیل دقیق و مقایسه مصرف انرژی دردو نمونه‌آب چرخ پلتون۴۱٪ و مبدل‌های فشار/کار نزدیک۵۰ ٪ مصرف انرژی را کاهش داده‌اند با وجو د کارایی بالای مبدل‌های فشاردرکاهش انرژی به علت قیمت‌گران وهمچنین نرخ برق مصرفی در بخش آب شیرین-کن‌ها (مصارف عمومی) برای هردو حوضه آبریز توربین پلتون انتخاب و پیشنهاد می‌گردد.

کلمات کلیدی: اسمزمعکوس، انرژی مصرفی ویژه، بازیافت انرژی، توربین پلتون، مبدل فشار.

۱- کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم وتحقیقات تهران *(مسئول مکاتبات).

مقدمه

هدف شیرین‌سازی آب دریا تولید آب‌شرب با کیفیت قابل قبول با حداقل هزینه است. برای مقرون به صرفه نمودن هزینه‌های تولیدی، کاهش انرژی مصرفی با توجه به افزایش جهانی قیمت انرژی و قانون هدفمندکردن یارانه‌ها در کشور از اهمیت ویژه‌ای برخودار است. صنعت شیرین‌سازی آب دریا به روش اسمزمعکوس(SWRO) درحال حاضر از رشد چشمگیری در تعداد و ظرفیت برخوردار می باشد. انتظار می‌رود به علت تغییرات آب وهوایی، کمبود منابع‌آبی موجود، افت‌کیفیت منابع-موجود، رشد۲٪جمعیت جهان، نیازآب در بخش‌های صنایع و کشاورزی، و قیمت انرژی درسال‌های‌آتی شاهـــد رشد این سامانه‌ها و ظرفیت آن‌ها باشیم. از علل افزایش این رشد بهبود تدریجی تکنولوژی‌های تولید غشاء، تولید پمپ‌های با راندمان بالاست. اما علت اصلی، کاربرد دستگاه‌های بازیافت انرژی و کاهش مصرف آن‌که بزرگترین جزء از هزینه‌های عملیاتی تولید آب شیرین است می‌باشد.

سیستم‌های بازیافت انرژی

هزینه‌انرژی نیازبیش از۳۳درصدکل هزینه بهره برداری سیستم‌های غشایی راتشکیل می‌دهد. بیشترین مقدارانرژی به وسیله موتورالکتریکی به منظور راه اندازی پمپ فشار قوی آب ورودی مصرف می‌شود.

انرژی موردنیاز برای سیستمRO تقریباً متناسب با افزایش میزان عملکـــرد سیستم افزایش می‌یابد. سیستم‌های آب لب شوردارای مصرف ویژه انرژی بین۱تا۳ کیلووات‌ساعت به ازای هرمترمکعب آب تولیدی می‌باشند. انرژی مورد نیاز سیستم‌های SWRO آب دریا در مقایسه باسیستم‌های آب لب‌شور بسیار بالاترند. سیستم‌های آب‌دریا که به این ابزارهای جدید بازیافت مجهز شده‌اند، دارای مصرف انرژی مخصوص بین ۲/۵ تا ۴ کیلو وات ساعت برمتر مکعب می‌باشند علت این امر فشار عملکرد بالاتر و نیزمیزان بازیافت آب تولیدشده کمتر، است. بنابراین به منظورکاهش انرژی مورد نیازو برای دستیابی به بهره‌وری بیشتر، اغلب سیستم‌هایRO آب دریا به ابزار بازیافت انرژی مجهزند، تامقدارانرژی مصرفی‌راکاهش داده وبه لحاظ اقتصادی آن را به حدقابل قبول برسانند.پس ازعبورآب ازغشا، فشارآب به حدفشاراتمسفر می‌رسد، درحالی که فشارآب غلیظ شده همچنان بالاست.دستگاه بازیافت انرژی پساب غلیظ شده (شوراب)، را بازیافت ومقدارمصرف انرژی کل سیستم را تا ۵۰٪ بهبود می بخشند.این دستگاه‌ها به دو گروه گریز از مرکز[1] و دستگاه با جابجایی مثبت (مبدل‌های‌هم فشار)[2] دسته‌بنـدی می‌شوند. ابزارهای بازیافت انرژی از نوع توربین، انرژی هیدرولیکی ناشی از پساب غلیظ شده را به انرژی مکانیکی تبدیل کرده‌که این انرژی می‌تواند به موتور پمپ فشارقوی کمک نماید. ابزارهای توربینی یا به صورت سانتریفیوژ یا به صورت توربین ضربه‌ای طـراحی شده‌اند.این ابزارها دارای راندمان بین۶۰ تـــا ۸۵٪ می‌باشند (۱). انواع دستگاه‌های‌گریز ازمرکز عبارتنداز :

توربین فرانسیس یا پمپ با چرخش معکوس[3]

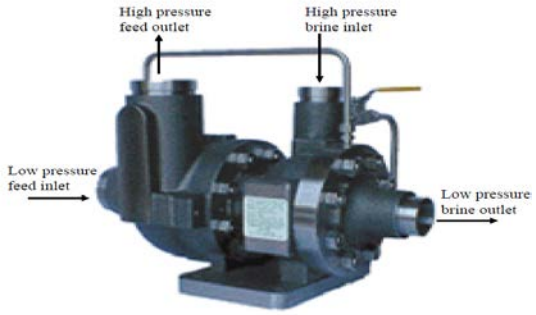
توربین فرانسیس(FT) یاپمپ با چرخش معکوس یکی از مهمترین دستگاه‌های بازیافت انرژی(ERDs) بین سال‌های ۱۹۸۰-۱۹۵۰ توسط صنایعSWRO به طورگسترده‌ای به دلیل سادگی و سهولت عمل مورد استفاده قرار گرفت.این توربین یکی از قدیمی‌ترین دستگاه‌های بازیافت است که با بهره‌گیری از انرژی جنبشی پساب غلیظ شده(سیال‌جاری) و انتقال این انرژی به موتور پمپ‌فشار قوی مصرف انـــرژی را کاهش می‌دهد. توربین فرانسیس نسبت به پلتون و توربوشارژها از راندمان پایین‌تری برخودار بوده، در برابر تغییرات دما و فشارسازگاری کمی داشته وحداکثر بازده آن‌حدود٪۷۵ می باشد (۴،۳،۲).

1- Centrifugal
2- Isobaric systems (pressure exchanger)
3- Francis Turbine (Reverse Running Pump)

شکل۱- پمپ با چرخش معکوس(۵)

توربوشارژ[1]

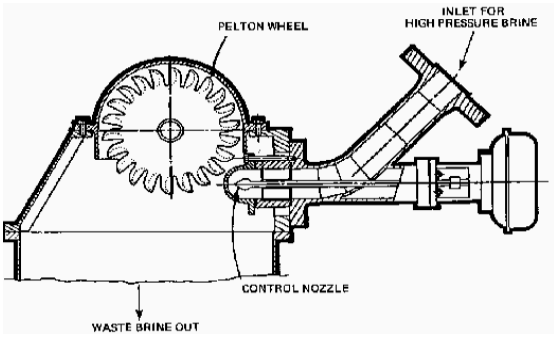
توربوشارژها به طورخاص ازسال۱۹۹۰ به عنوان نسل دوم دستگاه‌های‌گریز از مرکز برای سیستم‌های RO طراحی شدند.از یک توربین هیدرولیک و پمپ فشارقوی که به طور سری نسبت به هم قرار گرفته تشکیل شده‌اند. این دستگاه انرژی هیدرولیکی را از یک‌جریان مایع (پساب غلیظ شده) درفرآیندRO، به جریان سیال دوم، آب دریا انتقال می‌یابد. انتقال انرژی دراین دستگاه در فشارو نرخ‌های مختلف صورت می‌گیرد. بسته به ظرفیت سامانه‌ها شیرین سازی کارآیی آن به ٪۷۰ نیز می‌رسد(۷،۶).



شکل۲- یک واحدتوربوشارژ(۳)

چرخ پلتون[2]

یکی ازدستگاه‌های‌رایج مورد استفاده درسامانه‌های نمک زدایی، چرخ پلتون است که در سال۱۸۵۰ در سان فرانسیسکو توسط لسترپلتون اختراع شد. نازل‌های موجود در روی این چرخ باعث می‌شود انرژی جنبشی‌کل پساب غلیظ شده تحت فشار به انرژی مکانیکی تبدیل شود. این‌چرخ براساس اصل مشابه توربین فرانسیس اما با کارایی بالاتری عمل می‌کند. این‌دستگاه قدیمی، بسته به ظرفیت و بازیافت آب از راندمان خوبی برخوردار است.در این چرخ انرژی بالای پساب غلیظ شده به موتور پمپ فشار قوی انتقال و باعث کاهش مصرف انرژی به علت استفاده از موتور کوچک تر می‌شود.این توربین به طور قابل توجهی در سراسر جهان مورد استفاده قرارگرفته و تفاوت عمده‌ای در راندمان با توربین فرانسیس دارد. چرخ پلتون کارآمدتر و در اکثر فرآیندهای‌اسمزمعکوس آب دریا مورد استفاده قرار می‌گیرد. نقطه ضعف تکنولوژی پلتون شکل‌گیری یک جریان‌کف آلود است‌که با دو بار پمپ‌کردن تخلیه می‌شود(۹،۸).



شکل۳- چرخ پلتون (۳)

دستگاه با جابجایی مثبت(مبدل‌های‌هم فشار)[3]

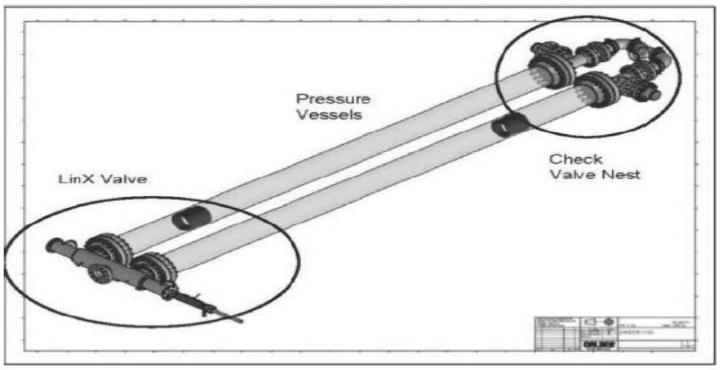
دستگاه‌های بازیافت انرژی از نوع"مبدل‌کار"[4] یا" مبدل فشار"[5] با استفاده از یک پیستون مستقیماً انرژی هیدرولیکی را ازجریان پساب غلیظ شده به آب دریای ورودی به صورت متناوب یا پریودیک انتقال می‌دهند.این‌دستگاه‌ها می‌توانند میزان کارایی بازیافت را به بیش از ۹۶درصد ارتقاء دهند.به‌منظورجبران افت فشار ایجاد شده‌در این روش، از پمپ‌های‌کمکی بوستری[6] استفاده می شود. دستگاه‌های بازیافت هم‌فشار، به دو گروه مبدل فشار رفت‌و برگشتی[7] و مبدل‌های گردشی یا روتاری[8] دسته بندی می‌شوند(۱۰).

1- Turbocharger
2- Pelton Turbin

3- Isobaric systems
4- Pressure exchangers
5- Work exchangers
6- Booster Pump
7- Reciprocating Pressure ex change
8- Rotary Pressure Exchanger- ERI

مبدل‌های فشار رفت و برگشتی

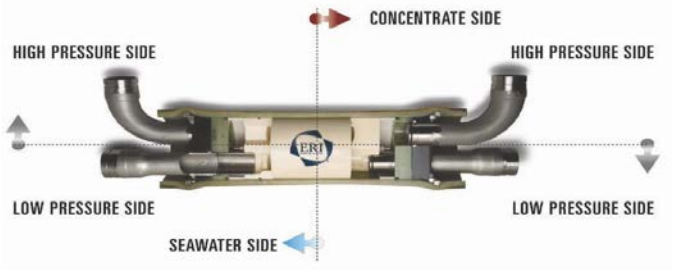
در این نوع مبدل‌ها انتقال انرژی به سیال به صورت پریودیک و دوره‌ای صورت می‌گیرد. نیروی محرکه این نوع مبـدل‌ها نیز غالباً توسط موتورهای الکتریکی تامین می‌گردد. در این نوع دستگاه حرکت چرخشی میل لنگ تبدیل به حرکت رفت و آمدی پیستونی در یک سیلندر می‌شود.با عقب رفتن پیستون در سیلندر ایجاد مکش شده و در نتیجه مایع از طریق یک شیر ورودی داخل سیلندر می‌گردد. با حرکت پیستون به طرف جلو دریچه ورودی بسته و مایع از طریق خروجی به خارج شیر هدایت می‌گردد. شیرهای ورودی و خروجی یک طرفه بوده و طوری ساخته شده اند که در مراحل رفتو آمد پیستون، از ورود مایع داخل سیلندر به قسمت کم فشار و بالعکس ممانعت شود.کارایی این دستگاه‌ها بین ۹۸-۹۵٪ همچنین هزینه سرمایه‌گذاری شده درآن‌ها بالاست(۱۱).



شکل ۴- مبدل‌فشار رفت و برگشتی (دوپیستونه((۱۲)

مبدل‌های گردشی یا روتاری

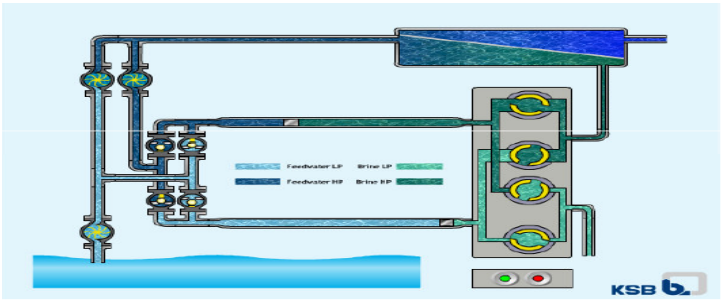
دراین روش مبدل‌گرگردشی فشار پساب غلیظ شده را به طورمستقیم به آب‌دریا منتقل می‌کند.دراین دستگاه‌ها نرخ جریان پمپ فشار قوی معادل با نرخ جریان غشاء بوده و بستگی به بازیافت انرژی دارد. ضمن اینکه فشار خروجی معادل فشارخوراک جدای از افت ارتفاع می‌باشد.دراین مبدل‌ها به منظور جبران افت فشار از پمپ‌های‌کمکی بوستری یا سیرکولیشن استفاده می‌شود. این پمپ‌ها می‌توانند افت‌فشار تا ۴ بار را جبران نمایند. سیستم‌های‌آب دریـــا که به این ابزارهای جدید بازیافت مجهز شده‌اند، دارای مصرف انرژی مخصوص بین ۲/۵ تا ۴ کیلووات ساعت برمترمکعب می‌باشند.کارایی این دستگاه بالا بین ۹۷- ۹۴٪ می باشد(۱۳).



شکل۵- شماتیک جریان یک مبدل فشار(۱۳)

مبدل‌فشار SalTec

سیستم‌هـــای‌جـدید SalTec برای نمک زدایی از آب دریا به روش اسمز معکوس طراحی و وارد بازارآب شیرین‌کن‌ها شده‌اند. این مبدل‌ها ازکارایی بالایی برای بازیافت انرژی هیدرولیکی برخوردارند، شبیه مبدل‌های فشار رفت و برگشتی (دوپیستونه) ولی راندمان مبدل‌های دوار را دارند. این مبدل‌ها از محصولات‌شرکت KSB بوده و چند نوع از آن در سامانه‌های آب‌شیرین‌کن خاورمیانه مورد استفاده قرارگرفته‌است(۱۴).



شکل۶- مبدل‌فشارازنوع SalTec (۱۴)

انتخاب بهترین روش بازیافت

انتخاب و کاربرد دستگاه‌ها بازیافت بایستی با دقت و با در نظرگرفتن کلیه ملاحظات اقتصادی و زیست محیطی صورت گیرد. برخی از این‌دستگاه‌ها نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه بالایی داشته درحالی که هزینه بهره‌برداری‌و نگه داری آن ها نسبتاً پایین‌تر می‌باشدو بالعکس برخی‌دیگر از این دستگاه‌ها علیرغم هزینه‌های بهره‌برداری کم، نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه بالایی دارند. بنابراین درانتخاب بهترین دستگاه بازیافت علاوه بردر نظرگرفتن مسایل فنی مهندسی به مسایل اقتصـــادی علی‌الخصوص انرژی باید توجه خاص کرد. بررسی‌و مقایسه این دستگاه‌ها از دیدگاه فنی و مهندسی با توجه به میزان شوری(TDS) آب ورودی و قیمت انرژی صورت‌می‌گیرد. دستگاه‌های بازیافت انرژی به طورگسترده‌ای متفاوت هستند هرکدام از این دستگاه‌ها دارای مزایای خاص خود بـــوده بهینه‌سازی بازیافت انرژی‌را می‌توان معیار انتخاب یک‌دستگاه مناسب، کارآمـــدو مقـرون به صرفه دانست.جدول ۱ روند تکامـــل‌تاریخی این دستگاه‌ها و انرژی مصرفی ویـــژه[1] را نشان می‌دهد.

در ادامه به بررسی پتانسیل کاربرد این دستگاه‌ها جهت کاهش هزینه‌ها خواهیم پرداخت.درابتدا با کمک نرم افزار رزا[2] جهت تولید ۲۰،۰۰۰m^3/day انرژی مصرفی، نسبت بازیافت و فشار مورد نیاز را برآوردکرده، سپس انرژی مصرفی ویژه دو نمونه آب را با چهار روش تعیین، و براساس نرخ تعرفه‌های برق و شرایط عمومی‌آن ها درسال۹۰هزینه سالیانه انرژی مصرفی محاسبه و بهترین روش بازیافت انتخاب شده و پیشنهاداتی در راستای کاربرد این دستگاه‌ها ارایه می‌گردد.

1- Specific energy consumption

2- ROSA

جدول۱- تکامل تاریخی مصرف انرژی در ابزارهای بازیافت انرژی(۱۴)

زمان	دهه ي 70	دهه ي 80	دهه-ي 90	سال 2000	سال 2012
ژي مصرفي ويژه kWh/m³	بیشتر از7	بین 6-5	بین 4-3	کمتر از 3	کمتر از 1.6
نوع سیستم بازیافت	بدون سیستم بازیافت	توربین فرانسیس و توربو شار ژها	توربین پلتون	مبدل هاي فشار	مبدل هاي فشار

با توجه به‌آنالیزهای انجام شده، مقدار انرژی مصرفی ویژه تعیین و بر اساس بخشنامه هدفمندکردن یارانه‌ها هزینه سالانه مصرف انرژی محاسبه می‌گردد جدول۳ قیمت‌هرکیلووات برق مصرفی صنعتی در یک شبانه روز با قدرت بیش‌از ۳۰ کیلو وات (ریال) را نشان می‌دهد. برای به دست آوردن هزینه‌سالیانه ابتدا هزینه برق مصرفی‌درزمان‌های مختلف در یک شبانه روز محاسبه سپس هزینه‌های به دست آمده درزمان‌های مختلف باهم جمع تا هزینه سالیانه به دست‌آید. (علت این امر، برق صنعتی درکشورما در زمان‌های مختلف قیمت متفاوت دارد). کلیه‌ی قیمت‌ها براساس بخشنامه شماره۹۰/۲۴۵۰/۲۰۰ مورخه۹۰/۱/۳۰ مصوبه‌ی وزارت نیرو و ستاد هدفمندکردن یارانه‌ها محاسبه گردیده است.

جدول ۳- قیمت برق مصرفی دربخش آب شیرین‌کن‌ها (ریال)

(۷صبح تا۷شب(میان‌باری	۱۹۰	۱۲ساعت
(۷شب تا۱۱شب(اوج‌بار	۳۸۰	۴ساعت
(۱۱شب تا۷صبح(کم‌باری	۹۵	۸ساعت

با معلوم شدن قیمت انرژی، مقدار انرژی مصرفی در هر ساعت و میزان آب تصفیه شده می‌توان هزینه سالیانه مصرف انرژی را در دونمونه آب محاسبه کرد.

جدول ۴- نتایج آنالیز آب خلیج فارس با مبدل فشار (PX® Energy Recovery Device System Analysis)

PX DEVICE ARRAY		
PX model	PX-300	
Number of PX units	quantity	۲۳
PX unit flow	m3/hr	۳۶
PX lubrication per array	m3/hr	۲۰
PX lubrication flow	٪	۲
PX efficiency	٪	۹۴
PX mixing at membrane feed	٪	۲
Operating capacity	٪	۹۴
PX Power Savings	kW	۱.۹۲۲
Estimated CO2 Savings	tons/year	۹.۹۲۶

CIRCULATION / BOOSTER PUMP		
Pump efficiency	%	۸۵
Motor efficiency	٪	۹۵
VFD efficiency	٪	۹۷
Power consumed	kW	۸۴

INPUT DESCRIPTIONS		INPUTS
Permeate flow	m3/day	۲۰.۰۰۰
RO recovery rate	%	۴۰
RO feed pressure	bar	۷۵
Feedwater salinity	mg/l	۴۵.۰۰۰

HIGH PRESSURE PUMP		
Pump efficiency	٪	۸۵
Motor efficiency	٪	۹۵
Power consumed	kW	۲.۱۰۵

PX SYSTEM POWER RESULTS		
Total power consumption	kW	۲.۳۱۸
Specific power consumption	kWh/kgal	۱۰/۶
Specific power consumption	kWh/m3	۲/۶۳

جدول ۵- نتایج آنالیز آب خلیج فارس با توربین پلتون (PX® Device versus Pelton Turbine Power Analysis)

DEVICE EFFICIENCIES		
Turbine efficiency	٪	۸۵
HP Pump efficiency	٪	۸۸
HP Pump motor efficiency	٪	۹۶
Net transfer efficiency	٪	۷۴

MEMBRANE PARAMETERS		
Recovery	٪	۴۰
differential Membrane	bar	۲

POWER CALCULATIONS		
Mechanical energy recovered	kW	۱۳۹۸
HP pump shaft power	kW	۳.۷۳۳
Motor shaft power	kW	۲.۳۰۶
Motor electrical power	kW	۲.۴۰۲

SYSTEM POWER RESULTS PELTON		
power Total consumption	kW	۲.۴۰۲
power Specific consumption	kWh/m3	۳/۰۸
power Specific consumption	kWh/kgal	۱۱

VERSUS PELTON TURBINE SAVINGS PX		
saved with PX Power	kWh/m3	۰/۲۵
saved with PX Power	٪	۹

جدول ۶- نتایج آنالیز آب خلیج گرگان با مبدل‌فشار (PX® Energy Recovery Device System Analysis)

PX DEVICE ARRAY		
PX model	PX-300	
Number of PX units	quantity	۲۳
PX unit flow	m3/hr	۳۶
PX lubrication per array	m3/hr	۱۰
PX lubrication flow	٪	۲
PX efficiency	٪	۹۲
PX mixing at membrane feed	٪	۲
Operating capacity	٪	۹۴
PX Power Savings	kW	۹۰۳
Estimated CO2 Savings	tons/year	۴،۶۶۵

HIGH PRESSURE PUMP		
Pump efficiency	٪	۸۵
Motor efficiency	٪	۹۵
Power consumed	kW	۱،۰۱۲

CIRCULATION / BOOSTER PUMP		
Pump efficiency	٪	۸۵
Motor efficiency	٪	۹۵
VFD efficiency	٪	۹۷
Power consumed	kW	۸۴

INPUT DESCRIPTIONS		INPUTS
Permeate flow	m3/day	۲۰،۰۰۰
RO recovery rate	%	۵۰
RO feed pressure	bar	۳۸
Feed water salinity	mg/l	۱۳۰۰۰

PX SYSTEM POWER RESULTS		
Total power consumption	kW	۱،۰۹۷
Specific power consumption	kWh/kgal	۵
Specific power consumption	kWh/m3	۱/۳۲

جدول ۷- نتایج آنالیز آب خلیج گرگان با توربین پلتون (PX® Device versus Pelton Turbine Power Analysis)

DEVICE EFFICIENCIES		
Turbine efficiency	٪	۸۵
HP Pump efficiency	٪	۸۸
HP Pump motor efficiency	٪	۹۶
Net transfer efficiency	٪	۷۴

POWER CALCULATIONS		
Mechanical energy recovered	kW	۶۸۹
HP pump shaft power	kW	۱،۷۹۸
Motor shaft power	kW	۱،۱۱۰
Motor electrical power	kW	۱،۱۵۶

MEMBRANE PARAMETERS		
Recovery	٪	۵۰
differential Membrane	bar	۲،۰

SYSTEM POWER RESULTS PELTON		
power Total consumption	kW	۱،۱۵۶
power Specific consumption	kWh/m3	۱/۴۲
power Specific consumption	kWh/kgal	۵

VERSUS PELTON TURBINE SAVINGS PX		
saved with PX Power	kWh/m3	۰/۰۷
saved with PX Power	٪	۵

جدول۸- هزینه سالیانه مصرف انرژی دردو نمونه آب(میلیارد به ریال)

خلیج فارس

روش بازیافت و طراحی	رزا	توربو شارژ	توربین پلتون	مبدل فشار روتاری	مبدل فشار دو پیستونه
انرژی مصرفی ویژه kWh/m3	۶/۱	۳/۳۸	۳/۰۸	۲/۶۳	۲/۷۱
هزینه سالیانه مصرف‌انرژی	۸،۷۷۳	۵،۱۲۴	۴،۶۷۱	۴،۰۴۶	۴،۱۰۸

خلیج گرگان

روش بازیافت و طراحی	رزا	توربو شارژ	توربین پلتون	مبدل فشار روتاری	مبدل فشار دو پیستونه
انرژی مصرفی ویژه kWh/m3	۲/۳۸	۱/۷۴	۱/۴۲	۱/۳۲	۱/۴۴
هزینه سالیانه مصرف‌انرژی	۳،۶۱۶	۲،۷۳۹	۲،۲۵۶	۲،۱۱۱	۲،۲۶۹

بحث و نتیجه گیری

کاربرد دستگاه‌های بازیافت انرژی، از اجزای لازم و ضروری در آب شیرین‌کن‌های اسمزمعکوس به دلیل صرفه‌جویی بالا انرژی است.دستگاه‌های مختلفی جهت بازیافت انرژی درفناوری اسمزمعکوس(SWRO) به‌کار گرفته می‌شود که هرکدام دارای خصوصیات، مزایا و معایب خود می‌باشند. با مقایسه فنی و اقتصادی این دستگاه‌ها توربین پلتون و مبدل‌های فشار بیشترین کاربرد را داشته و مبدل‌های فشار از نظر ذخیره‌سازی انرژی(میزان‌بازیافت) راندمان بالاتری دارند. و از کاربرد رو به توسعه‌ای نیز برخوردارند. باوجود قابلیت‌های بالای این مبدل‌ها مانند ظرفیت بالا، کاهش فشاربالا، کم‌کردن مصرف انرژی پمپ فشار قوی وانعطاف پذیری در برابر تغییرات فصلی، غشاء و نسبت بازیافت (ریکاوری) درهرشرایطی با توجه به قیمت بالا نمی‌توان به آسانی از آن ها استفاده کرد. طبق محاسبات انجام شده، و با توجه به قیمت انرژی الکتریکی درگروه آب شیرین‌کن‌ها (مصارف عمومی) توربین پلتون‌که تفاوت قابل توجهی با این مبدل‌ها نداشته ولی ارزانتر است برای دوحوضه آبریز بررسی شده انتخاب و پیشنهاد می‌گردد. تجارب استفاده از این دستگاه‌ها در کشورهای مختلف نشان می‌دهد کاربرد این تکنولوژی ها نمک زدایی را بسیارمقرون به صرفه نموده، و نسبت به‌روش‌های متداول تهیه آب مانند انتقال آب از نواحی دوردست، تجارت الکترونیکی بسیار قابل رقابت بوده است.

پیشنهاد می‌شود یک ارزیابی چند معیاره بین این دستگاه‌ها و روش‌های ترکیبی به منظور بهینه‌سازی مصرف انرژی با توجه به قیمت انرژی درکشورجهت احداث سامانه‌های آب شیرین‌کن‌هاانجام حالات بهینه برای کاربرداین دستگاه‌ها و یک تحلیل فاصله موجود ایران با پیشروان این فنآوری ها جهت دستیابی به جایگاه مطلوب فنآوری اسمز معکوس در تهیه آب شرب شهری صورت گیرد.

منابع

۱. پانکراتز، تام، تونر، جان. (نویسندگان) محمدی، کورش، گل محمدی، گلمر.(مترجم). «مبانی شیرین سازی آب شور». شماره انتشار۱، تهران: نشر دانشگاه تربیت مدرس، پژوهشکده مهندسی آب ۱۳۸۷.

2. Al-Hawaj, O.M., The work exchanger for reverse osmosis plants. Desalination, 2003. 157: p. 23-27.
3. A.M. Farooque, A.T.M.J., Ali R. Al-Reweli, Comparative Study of Various Energy Recovery Devices used in SWRO process. Saline Water Desalination Research Institute.
4. Stover, R., Seawater reverse osmosis with isobaric energy recovery devices.

Desalination, 2007. 203(1-3(: p. 168-175.
5. From the English Wikipedia. Taken By 13:14, 28 Mär 2004 Stahlkocher.
6. Peñate, B. and L. García-Rodríguez, Energy optimisation of existing SWRO(seawater reverse osmosis(plants with ERT (energy recovery turbines(: Technical and thermoeconomic assessment. Energy, 2011. 36(1(: p. 613-6267.
7. Eli Oklejas, I.M., and Kent Nielsen, Low cost incremental seawater plant capacity increase by coupling advanced pumping and RO technologies. Desalination,1995. 102: p. 189-197.
8. Pique, G.G., RO: New Device Shatters Seawater Conversion Conceptual Barriers. Features, 2000. 42(7(.
9. M. Hajeeh, a.A.A.-O., On performance measures of reverse osmosis plants. Desalination, 2002.
10. Aqualyng Low Energy Consumption Reverse Osmosis Seawater Desalination Plants Recuperator Energy Pressure Recovery. IDS Water.
۱۱. ویکی پدیا فارسی
12. Schneider, B., Selection, operation and control of a work exchanger energy recovery system based on the Singapore project. Desalination, 2005. 184(1-3(: p. 197-210.
13. ERI, Doosan - ERI Technical Presentation. 2011.
14. Sanz, Miguel Angel WISA Membrane Technology Conference 2011.11- 14 September, 2011 –Umhlanga, South Africa.