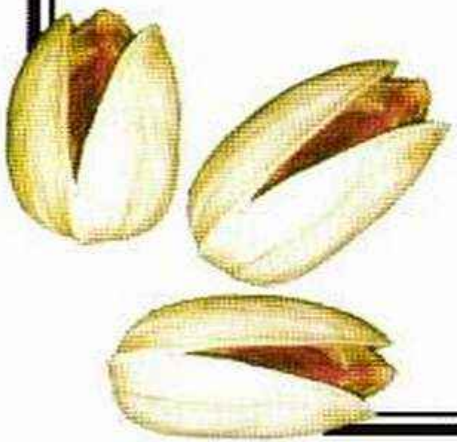
وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات ،آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات پسته کشور

اقتصاد استفاده از دستگاههای آب شیرین کن در مناطق پسته کاری

نگارندگان:
محمد عبدالهی عزت آبادی
و
امان اله جوانشاه
اعضای هیأت علمی مؤسسه تحقیقات پسته کشور

۱۳۸۴



نشریه شماره ۳۵

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی
مؤسسه تحقیقات پسته کشور

اقتصاد استفاده از دستگاههای آب شیرین کن در مناطق پسته کاری

نویسندگان:

محمد عبدالهی عزت آبادی

و

امان اله جوانشاه
اعضای هیأت علمی مؤسسه تحقیقات پسته کشور

۱۳۸٤

نام نشریه: اقتصاد استفاده از دستگاههای آب شیرین کن در مناطق پسته کاری

نویسندگان: محمد عبدالهی عزت آبادی و امان اله جوانشاه

ناشر: شورای انتشارات موسسه تحقیقات پسته کشور

ویراستاران علمی: حمیدرضا میرزایی، اکبر محمدی محمدآبادی، ناصر صداقتی و منصور موذن پور کرمانی

ویراستار ادبی: احمد شاکر اردکانی

چاپ اول: ۱۳۸۴

تیراژ: ۱۰۰۰ جلد

تایپ: معصومه سالاری

امور فنی : اعظم طاهر ی، نجمه صابری

مسئولیت صحت مطالب با نویسنده است.

شماره ثبت در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی ۱۰۲۶۹ به تاریخ ۸٤/۱۱/۱۵ می باشد.

قیمت: ۵۰۰۰ ریال

نشانی: رفسنجان، میدان شهید حسینی، موسسه تحقیقات پسته کشور

صندوق پستی: ۴۳۵-۷۷۱۷۵

مقدمه

مهمترین مسأله در مدیریت آب، در مناطق خشک و نیمه خشک مانند اکثر نقاط ایران، ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضا می باشد. از آنجایی که مقدار عرضه اقتصادی آب همیشه محدود بوده و مقدار تقاضا نیز با افزایش جمعیت بطور دائمی بالا می رود، برنامه ریزی در جهت استفاده بهینه از منابع آب از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. با کمیاب تر شدن آب در این مناطق، ضرورت استفاده از روش های کارآتر از روش های موجود جهت تخصیص و بهره برداری از منابع آب بیشتر احساس می شود. مشکل کم آبی در استانهای کویری ایران از جمله کرمان و یزد محسوس تر می باشد. کمبود بارندگی، پراکندگی و نامنظم بودن آن باعث شده است که تأثیر زیادی بر روی تغذیه مخازن آب زیرزمینی نداشته باشد. از طرفی به دلیل همجوار شدن با کویر لوت و دشت کویر، میزان تبخیر در این مناطق بالا می باشد.

مسأله دیگری که عدم تعادل در مناطق پسته کاری ایران بویژه شهرستان رفسنجان را افزایش داده است ارزش اقتصادی بالای آب در این مناطق می باشد (جوانشاه و همکاران، ۱۳۸۲). ارزش اقتصادی بالای آب در سمت تقاضا و عدم وجود یک برنامه جامع برای حفاظت از منابع آب زیرزمینی در سمت عرضه باعث تشدید برداشت از سفره های آب زیرزمینی شده است. برداشت بی رویه در مناطق پسته کاری رفسنجان باعث کاهش کیفی و کمی این منابع شده است. به طوری که طبق آخرین آمار، میزان افت سالانه آب در این شهرستان ۰/۷۵ متر بوده و بیلان منفی سالانه سفره ۲۴۹ میلیون مترمکعب است. علاوه بر این کیفیت آبهای زیرزمینی منطقه نیز بشدت کاهش یافته است. به طوری که

حداکثر شوری در بعضی از موارد تا ۲۰۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر نیز گزارش شده است (شرکت سهامی آب منطقه ای کرمان، ۱۳۸۲). این مسأله کاهش عملکرد محصول پسته را بدنبال دارد. بدین ترتیب با محدودتر شدن منابع آبی مناسب کشاورزی در منطقه (کاهش عرضه آب) و افزایش سطح زیرکشت باغات پسته همراه با ارزش اقتصادی بالای واحد آب در منطقه (افزایش تقاضا)، عدم تعادل بین عرضه و تقاضای آب بشدت در حال افزایش است.

برای بازگرداندن مجدد تعادل، بایستی به طور همزمان دو سمت عرضه و تقاضای آب را مورد توجه قرار داد. به عبارت دیگر، از یک طرف بایستی تقاضا را کاهش داده و از طرف دیگر عرضه آب قابل استفاده در کشاورزی را افزایش داد. در حال حاضر تنها گزینه تأمین آب مورد بهره برداری در مناطق پسته کاری، آبهای زیرزمینی می باشد. این در حالی است که گزینه های دیگر چون انتقال آب و استفاده از دستگاههای آب شیرین کن نیز به صورت بالقوه مطرح شده است.

در این نشریه ضمن معرفی سیستم های مختلف آب شیرین کن، بررسی اقتصادی امکان استفاده از این فناوری در مناطق پسته کاری کشور صورت می گیرد.

تاریخچه استفاده از فرآیند نمک زدایی از آب

استفاده از فرآیند نمک زدایی جهت تأمین آب به صورت گسترده مسأله ای جدید می باشد. سابقه بهره برداری تجاری از نمک زدایی آب دریا به دهه ۱۹۵۰ در خاورمیانه برمی گردد. پس از آن رشد گسترده ای در فرآیند نمک زدایی ایجاد شده و امروزه بعضی از کشورهای حاشیه خلیج فارس بیش از ۹۰ درصد تقاضای خود را با شیرین کردن آب دریا تأمین می نمایند. اینکه بقای

بسیاری از کشورهای منطقه به فرآیند نمک زدایی از آب دریا بستگی دارد، یک واقعیت غیرقابل انکار است (شرکت لامیر، ۲۰۰۳).

نمک زدایی تاکنون تأثیر زیادی بر روی کیفیت زندگی در مناطق خشک دنیا، بخصوص مناطق غربی و شمالی آفریقا داشته است. از سال ۱۹۷۲ ظرفیت جهانی نمک زدایی ۲۲ برابر شده و این رقم در حال رشد است (میرحبیبی و تبریزی، ۱۳۸۲).

تجهیزات نمک زدایی امروزه در بیش از ۱۰۰ کشور استفاده می شود که ۱۵ کشور حدود ۷۵ درصد کل ظرفیت را به خود اختصاص داده اند. عربستان سعودی مقام اول را از کل ظرفیت جهانی داراست (۲۶/۳ درصد). ایالات متحده آمریکا با حدود ۱۶ درصد، امارات متحده عربی ۹/۸ درصد و کویت ۶/۸ درصد از ظرفیت کل، مقام های دوم تا چهارم را از نظر استفاده از تجهیزات نمک زدایی به خود اختصاص داده اند (میرحبیبی و تبریزی، ۱۳۸۲).

شکل ۱: یک نمونه از ایستگاه های آب شیرین کن در عربستان سعودی

در حال حاضر ظرفیت واحدهای نمک زدایی نصب شده در جهان حدود ۲۲/۷ میلیون مترمکعب در روز است که ۸۵ درصد آن در حال کار است. از این مقدار در حدود ۱۲ میلیون مترمکعب یعنی بیش از ۵۰ درصد آن متعلق به منطقه خاورمیانه و بویژه کشورهای شورای همکاری خلیج فارس است (میرحبیبی و تبریزی، ۱۳۸۲).

قدمت استفاده از انرژی اتمی جهت نمک زدایی از آب دریا به دهه ۱۹۶۰ برمی گردد. در حال حاضر استفاده جهانی از انرژی اتمی برای نمک زدایی از آب دریا در مرحله حساس تصمیم گیری قرار دارد. این در حالی است که کشورهای هند و مراکش قبلاً پروژه های ملی خود را در این زمینه به اجرا درآورده اند. آژانس بین المللی انرژی هسته ای (IAEA) همکاریهای لازم برای چنین مواردی را فراهم می آورد. چنین همکاریهایی در بردارنده ارزیابی های فنی و اقتصادی پروژه های آب شیرین کن است. در مراکش، اولین قرار داد برای استفاده از انرژی اتمی جهت شیرین کردن آب دریا در سال ۱۹۹۶ با چین بسته شد. این پروژه حداکثر روزانه ۸۰۰۰ مترمکعب آب شرب تولید می کند. پروژه مذکور در سال ۱۹۹۸ پایان یافت. در هند نیز پروژه کوچکی از سال ۱۹۸۴ شروع شد که ظرفیت تولید آن، روزانه ۴۲۵ مترمکعب آب شرب است (گوین و کونیشی، ۱۹۹۹).

امروزه دستگاههای آب شیرین کنی وجود دارد که با استفاده از انرژی باد، آب دریا یا آبهای شور مناطق خشک را شیرین می کنند. در اسپانیا دو سیستم آب شیرین کن بادی وجود دارد. پیشرفت های اخیر در فناوری نمک زدایی با استفاده از انرژی باد امیدهای زیادی را در این زمینه ایجاد کرده است (گارسیا رودریگز و همکاران، ۲۰۰۱).

روشهای مختلف نمک زدایی از آب

شیرین کردن آب شور به دو روش کاملاً متفاوت امکان پذیر است. این دو روش عبارتند از: ۱- فرآیند حرارتی، ۲- فرآیند غشائی. در روش حرارتی از فرآیند تقطیر استفاده می شود. در حالیکه در فرآیند غشائی آب شور پس از عبور از یک غشا، پالایش و نمک زدایی می گردد (ریبریو و همکاران، ۲۰۰۲؛ وینتر و همکاران، ۲۰۰۳).

شکل۲: آب شیرین کن اسمز معکوس با حجم تولید ۷۵ متر مکعب آب شیرین در روز

الف- فرآیند تقطیر:

از سالها قبل شیرین کردن آب با استفاده از روش تقطیر صورت می گرفته است. در این روش نخست آب گرم شده، به نقطه جوش می رسد و تبخیر می گردد. سپس با استفاده از متراکم نمودن بخار آب تولیدی، آب مقطر (شیرین) تولید می شود. اگر فرآیند تقطیر به همین منوال صورت گیرد به نام تقطیر تک مرحله ای نامیده می شود. از آنجایی که این روش هزینه بالایی دارد، از

روشهای چند مرحله ای استفاده می گردد. روش تقطیر چند مرحله ای خود به ۳ گروه زیر تقسیم می شوند:

۱- Multistage Flash Distillation (MSF)

۲- Multi-Effect Distillation (MED)

۳- Vapor Compression Distillation (VC)

روش MSF به طور گسترده در سطح جهانی مورد استفاده قرار می گیرد. در این روش آب شور در حال جوشیدن از مجراهایی با فشار پایین عبور می کند تا حداکثر مقدار بخار آب (آب شیرین) را ایجاد کند. در اینجا گرمای سیستم متراکم سازی جهت پمپاژ آب شور به دستگاه مورد استفاده مجدد قرار می گیرد. بدین ترتیب، انرژی مصرفی به اندازه ۱۳ درصد روش تک مرحله ای خواهد بود.

روش MED نیز شبیه روش MSF بوده با این تفاوت که با درجه حرارت پایین تر عمل می کند. روش VC معمولاً در ترکیب با سایر فرآیندها مورد استفاده قرار می گیرد. در این روش گرمای لازم جهت تبخیر آب از منبع حرارتی تأمین نشده بلکه از فرآیند تراکم بخار ناشی می شود.

شکل ۳: غشاها در آب شیرین کن اسمز معکوس

ب- فرآیند غشایی:

فرآیند غشائی خود به دو گروه اسمز معکوس[۱] (RO) و الکترو دیالیز[۲] (ED) تقسیم می شود. اگر دو نوع آب شور و شیرین بوسیله یک غشا نیمه تراوا از هم جدا شوند، از طریق غشا موردنظر آب شیرین به داخل آب شور نفوذ می کند. این عمل به نام فرآیند اسمزی شناخته می شود. همچنین اختلاف فشار بین دو طرف غشا بنام فشار اسمزی شناخته می شود. اگر فشار در سمت آب شور بیشتر از فشار اسمزی باشد، جریان حرکت آب معکوس شده و از طرف آب شور به سمت آب شیرین تغییر جهت می دهد. با حرکت آب خالص به سمت آب شیرین، نمک پشت غشا می ماند، بنابراین به این روش نمک زدایی، اسمز معکوس می گویند. پمپ با فشار بالا، مرکز اصلی مصرف انرژی در روش دستگاههای اسمز از آن معکوس می باشد. برای شیرین کردن آب دریا، فشار

- Reverse osmotic[۱]
- Electro dialyze[۲]

لازم در فرآیند اسمز معکوس بین ۶۰ تا ۸۰ بار[۱] می باشد (شرکت لامیر، ۲۰۰۳).

امروزه معمولی ترین نوع غشاهای اسمز معکوس Spiral wound و hollow fiber می باشند. این غشاها درون لوله های با فشار استاندارد[۲] (PV) قرار دارند. PV ها هسته مرکزی هر دستگاه آب شیرین کن اسمز معکوس می باشند. با افزایش تعداد PV ها، درصد خلوص آب تولیدی افزایش می یابد (شرکت لامیر، ۲۰۰۳).

الکترو دیالیز فرآیندی است که جداسازی نمک را با استفاده از جریان برق انجام می دهد[۳] و از انرژی برق جهت عبور انتخاب شده بعضی از نمک ها از غشا استفاده می شود. این در حالی است که آب شیرین، پشت غشا می ماند (وینتر و همکاران، ۲۰۰۳).

معیارهای انتخاب بهترین روش نمک زدایی

انتخاب یک فرآیند خاص از نمک زدایی بر اساس یکسری از فاکتورهای اساسی شامل:

۱- میزان شوری آبی که بایستی نمک زدایی شود؛

۲- کیفیت آب تولیدی؛

۳- منبع انرژی در دسترس و

۴- اندازه دستگاه مورد نیاز می باشد (ریبریو و همکاران، ۲۰۰۲).

اگر غلظت آب مصرفی متجاوز از ۵۵۰۰۰ میلی گرم در لیتر از مجموع مواد جامد غیرمحلول در آب باشد، استفاده از فرآیند تقطیر ترجیح داده می شود.

- Bar[۱]
- Standardized Pressure Vessels (PV)[۲]
- Voltage Driven[۳]

فرآیندهای غشائی اسمز معکوس در محلولهای با غلظت غیرحلال کمتر از ۲۰۰۰۰ میلی گرم در لیتر برای آبهای شور و بیشتر از ۲۰۰۰۰ میلی گرم در لیتر در زمینه آب دریا قابل استفاده می باشند (ریبریو و همکاران، ۲۰۰۲).

فرآیندهای تقطیر حرارتی مانند MSF و MED تنها برای حجم های بالاتر از ۵۰۰۰ مترمکعب در روز قابل استفاده بوده در حالیکه روش اسمز معکوس بسته به ساختار داخلی آن می تواند برای هر ظرفیتی قابل استفاده باشد (ریبریو و همکاران، ۲۰۰۲).

مصرف انرژی در فرآیند نمک زدایی به میزان قابل توجهی بالا می باشد. این انرژی می تواند به صورت گرمایی و الکتریکی باشد. بخار آب، انرژی مصرفی خاص فرآیندهای تقطیر MSF و MED بوده در حالیکه در سایر فرآیندها از انرژی الکتریکی استفاده می گردد. این در حالی است که در تمام فرآیندها انرژی مکمل جهت خدمات کمکی شامل پمپها، پرتاب گرهای خلاء و ... از انرژی الکتریکی استفاده می کنند. با وجود این مصرف انرژی فرآیند اصلی، در حدود ۸۵ تا ۹۰ درصد از کل انرژی مصرفی است (ریبریو و همکاران، ۲۰۰۲).

انرژی مورد نیاز یک دستگاه RO نه تنها بستگی به میزان شوری آب مصرفی دارد بلکه به فناوری مورد استفاده نیز بستگی دارد. گارسیا رودریگز و همکاران (۲۰۰۱) به نقل از گلوگسترن گزارش کرده اند که مصرف انرژی در دستگاههای RO برای شیرین کردن آب دریا در اسرائیل برای طرحهای فعلی ۵-۴/۶ کیلو وات ساعت بر مترمکعب بوده در حالیکه برای طرحهای با فناوری پیشرفته برابر با ۵-۳/۵ کیلووات ساعت بر مترمکعب می باشد.

در جدول ۱، مصرف انرژی فرآیندهای مختلف بطور خلاصه آمده است. مصرف انرژی را به طور تقریبی می توان مستقل از ظرفیت دستگاه دانست. سهم

انرژی حرارتی مصرف شده در فرآیندهای MSF و MED جهت راحتی مقایسه به معادل انرژی الکتریکی تبدیل شده است. فرآیندهای MSF، MED، VC و ED قبلاً تعریف شده اند. SW قبل از هر فرآیند بیانگر آب دریا[1] بوده و BW علامت آبهای شور مناطق خشکی[2] است.

جدول ۱- مصرف انرژی در فرآیندهای مختلف نمک زدایی از آب

نام منبع مورد استفاده	نام فرآیند نمک زدایی	انرژی بخار مورد استفاده	معادل مصرف انرژی الکتریکی مورد استفاده (کیلووات ساعت بر مترمکعب)
نمک زدایی از آب دریا	MSF	۷/۱۱-۵	۱۴-۱۰/۵
	MED	۷-۴	۹-۶
	VC	-	۱۵-۷
	SWRO	-	۸-۴
	MED/SWRO	-	۳/۳-۲/۶
نمک زدایی آبهای شور مناطق خشکی	BWRO	-	۰/۲-۵/۵
	ED	-	۰/۲-۷/۵

مأخذ: ریبریو و همکاران (۲۰۰۲)

- Sea water[1]
- Brackish water[2]

در مناطقی که دسترسی به انرژی الکتریکی وجود نداشته و همچنین دسترسی آنها به آب شیرین با مشکل روبرو است، اما دارای منابع غنی آب شور هستند، تولید همزمان نیروی برق و آب نمک زدایی شده می تواند راه حل مناسبی باشد. برای مثال، در منطقه خلیج فارس، بیشتر دستگاههای مورد استفاده دو منظوره هستند. بویژه در مناطق دور افتاده بدون وجود شبکه برق منطقه ای و با نیاز آبی پایین، واحدهای نمک زدایی می توانند بر اساس منابع انرژی تجدید پذیر باشند (ریبریو و همکاران، ۲۰۰۲).

با مدنظر قرار دادن مسائل زیست محیطی حاصل از سوخت های فسیلی، نفت و گاز، استفاده از انرژی های تجدیدپذیر[۱] (RE)، یک گزینه تمیز و غیرآلاینده می باشد. انرژی های RE بی نیاز از شبکه برق منطقه ای بوده و در مناطق دور افتاده کاربرد دارند. سه سیستم اساسی از انرژی های تجدید شونده جهت استفاده در فرآیند نمک زدایی عبارتند از:

۱-مبدل های انرژی باد؛

۲-سلولهای خورشیدی؛

۳-انرژی حرارتی خورشید.

در زمینه مصرف انرژی های تجدید پذیر برای دستگاههای آب شیرین کن، سیستم های اسمز معکوس مناسب ترین فناوری نمک زدایی هستند. در این زمینه، سیستم های اسمز معکوس مزیت هماهنگ شدن با نوسانات در تقاضای انرژی و همچنین ویژگی مصرف انرژی پایین را دارند. بیش از ۶۰ درصد از سیستم های نمک زدایی با استفاده از انرژی های تجدید شونده از فرآیند اسمز معکوس استفاده می کنند (ریبریو و همکاران، ۲۰۰۲).

---

۱ - Recover energy

ریبریو و همکاران (۲۰۰۲)، امکان استفاده از سلولهای خورشیدی را برای نمک زدایی مورد بررسی قرار داده اند. به عقیده آنها سیستم اسمز معکوس با استفاده از سلولهای خورشیدی، یک روش قابل اعتماد برای فرآیند نمک زدایی در مقیاس های کوچک می باشد. در روش سلولهای خورشیدی، انرژی خورشید به انرژی الکتریکی تبدیل شده و در فرآیند آب شیرین کن مورد استفاده قرار می گیرد.

النکراشی (۲۰۰۳)، استفاده از انرژی حرارتی خورشید جهت نمک زدایی را مورد بررسی قرار داده است. وی نشان داده است که یک جمع کننده تابش یا اشعه[۱] با سطح ۸۰۰۰۰ مترمربع توانایی تولید انرژی حرارتی معادل ۴۵ مگاوات دارد. این انرژی حرارتی تولید شده می تواند جهت استفاده در فرآیند نمک زدایی MSF برای آب دریا یا آبهای شور زیرزمینی مورد استفاده قرار گیرد. به عقیده وی آب شرب تولید شده با این پروژه، نزدیک به ۸۰۰۰۰۰ مترمکعب در سال می باشد.

گارسیا رود ریگز و همکاران (۲۰۰۱)، امکان استفاده از مبدل های انرژی باد جهت نمک زدایی را مورد بررسی قرار داده اند . نتایج آنها نشان می دهد که این منبع انرژی تجدید شونده قابل رقابت با منابع انرژی مورد استفاده معمولی می باشد. بنابراین می تواند بعنوان یک نقطه اتکاء برای آینده سیستم های آب شیرین کن باشد.

علاوه بر انرژی مصرفی، مسأله مهم دیگری که در گزینش سیستم نمک زدایی برتر مهم است، تأثیرات زیست محیطی این سیستم ها می باشد. امروزه دستگاههای آب شیرین کن می توانند و بایستی با حداقل تأثیرات زیست محیطی ساخته شوند. موارد مهم در این زمینه شامل ذخیره و تخلیه آب، درجه

۱- Solar collector

حرارت آب نمک باقیمانده، مواد شیمیایی دفع شده، آلودگی های صوتی و ... می باشند. قبل از طراحی، بایستی محلهای مناسب برای دفع فاضلاب مشخص گردد. می توان با استفاده ا ز تصفیه گرهای بسیار قوی، استفاده از مواد شیمیایی در سیستم های RO را بشدت کاهش داد. بسیاری از دستگاههای آب شیرین کن RO به طور غیر ضروری صداهای شدید و گوش خراشی را ایجاد می کنند. طراحی خوب جهت اتصال منبع انرژی به دستگاه آب شیرین کن، همراه با زیرساخت مناسب و یک پوشش طراحی شده جهت ایجاد صدای طبیعی بر روی پمپ می تواند باعث کاهش صدای خروجی به اندازه قابل توجهی شود. این مسأله علاوه بر این باعث افزایش طول عمر دستگاه نیز می گردد (شرکت لامیر، ۲۰۰۳).

از فاکتورهای بسیار مهم دیگر در انتخاب گزینه برتر آب شیرین کن، هزینه تمام شده تولید آب شیرین می باشد. به علت اهمیت مسأله، هزینه های مختلف در روشهای متفاوت نمک زدایی در بخش جداگانه ای در زیر آمده است:

هزینه های سرمایه گذاری، جاری و زیست محیطی فرآیند نمک زدایی

الف- تعاریف و چارچوب های اساسی

هزینه نمک زدایی بواسطه مجموعه ای از عوامل اقتصادی و فنی تعیین می شود. گروههای عمده هزینه های نمک زدایی شامل هزینه های سرمایه گذاری، تعمیرات و نگهداری می باشند. این دو گروه رابطه تنگاتنگی با هم دارند. به عبارت دیگر، هنگامی که یکی از این دوگروه افزایش یابد، گروه دیگر به طور معمول کاهش می یابد. سه فاکتور اساسی موثر بر هزینه تمام شده تولید یک واحد آب شیرین عبارتند از:

۱-میزان شوری آب مورد استفاده؛

۲-هزینه های انرژی؛

۳-اندازه آب شیرین کن (وینتر و همکاران، ۲۰۰۳).

میزان شوری آب مورد استفاده:

افزایش شوری آب مورد استفاده، هزینه های نمک زدایی را افزایش می دهد، زیرا در چنین شرایطی لوازم بیشتری شامل غشا با سطح بالاتر و یا تعداد مراحل بیشتری جهت نمک زدایی مورد نیاز است. عقیده کلی بر این است که هزینه نمک زدایی از آب دریا ۳ تا ۵ برابر هزینه نمک زدایی از آب شور مناطق خشکی با همان درجه از شوری می باشد. این مسأله برای هر دو روش غشایی و تقطیری صدق می کند. بطور کلی برای شیرین کردن آب های شور (غیر از آب دریا)، به علت ارزانتر بودن، فرآیند غشائی اسمز معکوس ترجیح داده می شود (وینتر و همکاران، ۲۰۰۳).

هزینه های انرژی:

نزدیک به ۵۰ تا ۵۷ درصد از هزینه های تعمیرات و نگهداری در تمام روشهای نمک زدایی مربوط به هزینه های انرژی (حرارتی و الکتریکی) می باشد. شکل انرژی در دسترس و محدودیت های زیست محیطی مربوط به منبع انرژی در تعیین میزان هزینه های انرژی نقش اساسی دارند. در مقایسه با روشهای نمک زدایی حرارتی، روش اسمز معکوس کمترین تقاضا برای انرژی را داشته و بنابراین در بیشتر شرایط در زمینه هزینه های انرژی مقرون به صرفه است. افزایش قیمت انرژی در جهان باعث افزایش کاربرد روشهای نمک زدایی اسمز معکوس می شود (وینتر و همکاران، ۲۰۰۳).

اندازه دستگاه آب شیرین کن:

افزایش اندازه دستگاه آب شیرین کن (افزایش حجم آب شیرین شده در روز)، باعث کاهش هزینه های یک واحد آب شیرین شده می شود. این مسأله در تمام روشهای نمک زدایی صدق می کند اما میزان تأثیر آن متفاوت است. مسأله مقیاس اقتصادی در مورد اسمز معکوس کمترین اثر را داشته در حالی که در زمینه فرآیندهای تقطیر، این مسأله بیشترین تأثیر را دارد. هزینه های تعمیرات و نگهداری رابطه ای با مقیاس تولید نداشته اما به طور مستقیم در رابطه با کیفیت آب تولیدی است. بهره برداری از منافع ناشی از مقیاس برای روشهای تقطیر ابزاری مناسب جهت کاهش هزینه های نمک زدایی می باشد (وینتر و همکاران، ۲۰۰۳).

کدام روش نمک زدایی ارزانتر است؟

مطالعات نشان می دهد که در بیشتر موارد، نمک زدایی به روش اسمز معکوس به علت مصرف کمتر انرژی باعث کاهش هزینه های واحد آب شیرین شده و در نتیجه اقتصادی تر است. با وجود این روشهای اسمز معکوس در مقایسه با روشهای حرارتی نیاز به سرمایه گذاری اولیه بالاتری دارند. هزینه های واحد تولید آب در روش اسمز معکوس در درجه نخست با توجه به طول عمر غشا و هزینه انرژی مشخص می گردد. علاوه بر این دستگاههای اسمز معکوس در مقابله با نوسانات تقاضای آب انعطاف پذیری بالایی داشته و در زمینه بازده نسبت به مقیاس بهره پایینی می برند (وینتر و همکاران، ۲۰۰۳). منظور از بازده نسبت به مقیاس این است که با افزایش حجم دستگاه، به علت تقسیم شدن هزینه ها بین مقدار بیشتری از آب تولیدی، هزینه تولید هر متر مکعب آب کاهش می یابد.

چند نکته اساسی در زمینه مسائل اقتصادی در روش MSF قابل ذکر است. این دستگاهها نیاز به سرمایه گذاری اولیه نسبتاً پایینی دارند. نسبت به سایر فرآیندها از منافع ناشی از مقیاس بهره می برند. هزینه های خاص مکانی، برای مثال هزینه های انرژی، تأثیر مستقیمی بر هزینه واحد آب تولید شده دارند. این روش (MSF)، انعطاف پذیری بسیار پایینی نسبت به تغییرات تقاضای آب دارد به عبارت دیگر، میزان آب شیرین تولید شده به راحتی قابل انطباق با نوسانات تقاضا نیست. بنابراین مهمترین مسائل اقتصادی در زمینه استفاده از MSF هزینه های مواد و انرژی و همچنین افزایش ظرفیت دستگاه به منظور دستیابی به منافع ناشی از مقیاس است (وینتر و همکاران، ۲۰۰۳).

به طور کلی می توان گفت که روش تقطیر به علت قابلیت اعتماد و تکامل بیشتر شهرت داشته و ترجیح داده می شود. با این وجود سیستم های RO در حال جانشین شدن به جای روشهای MSF می باشند. این مسأله به علت اجرای ساده تر، مصرف انرژی کمتر و در نهایت هزینه های پایین تر تولید آب بوسیله دستگاههای RO می باشد. هزینه کلی آب تولید شده با استفاده از فرآیند RO کمتر از نصف هزینه تولید آب به روش تقطیر است. با پیشرفت فنی فرآیند غشایی، کارآیی استفاده از RO ها افزایش یافته و این دستگاهها بعنوان روشهای غالب نمک زدایی مورد استفاده قرار می گیرند (وینتر و همکاران، ۲۰۰۳).

هزینه های جنبی نمک زدایی:

هر نوع ارزیابی اقتصادی در زمینه فرآیند نمک زدایی، بایستی هزینه های زیست محیطی بویژه فاضلاب ناشی از این فرآیند را مورد توجه قرار دهد. علاوه بر این هزینه های توزیع آب و هرز آب موجود در شبکه توزیع و ذخیره آب نیز بایستی مورد توجه باشد. این در حالی است که بیشتر مطالعات در این زمینه، تنها هزینه های سرمایه گذاری، تعمیرات و نگهداری را محاسبه می کنند. بعبارت

دیگر، تلاشی در جهت محاسبه هزینه های زیست محیطی صورت نگرفته است (وینتر و همکاران، ۲۰۰۳).

نظر غالب این است که بهترین گزینه جهت دفع فاضلاب ناشی از فرآیند نمک زدایی، دریا می باشد، زیرا بیشتر مواد موجود در فاضلاب نمک است. این در حالی است که مسأله زیست بوم دریا نیز بایستی مورد توجه قرار گیرد. دفع فاضلاب های ناشی از نمک زدایی در مناطق خشکی از پیچیدگی بیشتری برخوردار است. این مسأله از طرفی باعث بدتر شدن کیفیت آبهای زیرزمینی شده و از طرف دیگر هزینه های اضافی را به دنبال دارد. در بعضی از موارد ممکن است فاضلاب موجود دارای ارزش اقتصادی باشد، اما در بیشتر موارد از اهمیت کمی برخوردار می باشد (وینتر و همکاران، ۲۰۰۳).

نزدیک نمودن هزینه های تولید آب از طریق نمک زدایی با هزینه های تولید آب از روشهای سنتی:

در حال حاضر در بیشتر کشورهای جهان، عرضه آب در چارچوب گزینه های سنتی ارزان تر از تولید آب با استفاده از سیستم نمک زدایی می باشد. دو روش برای کاهش این اختلاف وجود دارد. این روشها شامل کاهش هزینه های نمک زدایی و افزایش هزینه تأمین آب از روشهای سنتی است (وینتر و همکاران، ۲۰۰۳).

کاهش هزینه های نمک زدایی:

نخستین روش جهت کاهش هزینه های نمک زدایی، بهبود فناوری شوری زدایی می باشد. این مسأله، کارآیی را افزایش می دهد. به عبارت دیگر نسبت آب شیرین تولید شده به میزان هزینه صورت گرفته افزایش می یابد. نرخ بهره وری (کارآیی) را می توان در سیستم تقطیر با افزایش مراحل تقطیر افزایش داد.

این مسأله در فرآیند اسمز معکوس از طریق بهبود فناوری غشائی افزایش می یابد. بررسی های اخیر نشان داده است که استفاده همزمان از فرآیندهای غشائی و حرارتی (سیستم هیبریدی) کارآیی کلی را بالا برده و هزینه های نمک زدایی را کاهش می دهد (وینتر و همکاران، ۲۰۰۳).

روش دوم، کاهش هزینه انرژی است. کوشش هایی جهت استفاده از انرژی های تجدیدپذیر برای نمک زدایی صورت گرفته است. استفاده از طرحهای دو منظوره نیز می تواند در این زمینه کارساز باشد. در این راستا، فرآیند نمک زدایی با دستگاههای تولید برق همراه شده و از گرمای اتلافی ناشی از مولدهای الکتریکی برای نمک زدایی استفاده می گردد. در شرایط مناسب، طرحهای دو منظوره، هزینه های نمک زدایی را تا اندازه زیادی کاهش خواهد داد (وینتر و همکاران، ۲۰۰۳).

نوسانات قیمت جهانی انرژی و مسأله آلودگی محیط زیست علاقه به استفاده از منابع انرژی تجدید شونده را دو چندان کرده است. در مناطق دور افتاده استفاده از انرژی خورشیدی جهت نمک زدایی ارزانتر از روشهای متداول می باشد. سیستم های خورشیدی ساختاری ساده داشته و مدیریت آن آسان است. علاوه بر این سوختی تمیز می باشد. سیستم RO برای نمک زدایی از آبهای شور (غیردریا) با استفاده از انرژی خورشیدی به طور بالقوه ارزانترین روش تولید منابع آب شیرین در مناطق دور افتاده می باشد. به هر حال میزان هزینه ها تا اندازه زیادی بستگی به شرایط آب و هوایی دارد (وینتر و همکاران، ۲۰۰۳).

طرحهای دو منظوره، مصرف انرژی را نسبت به طرحهای یک منظوره به شدت کاهش می دهد. هزینه های انرژی برای نمک زدایی در سیستم دو منظوره برابر با ۳۳ تا ۵۰ درصد سیستم هایی است که تنها به منظور نمک زدایی

مورد استفاده قرار می گیرند. این مسأله ناشی از تقسیم هزینه ها بین فرآیندهای تولید برق و نمک زدایی می باشد. متأسفانه دو طرح همواره در ارتباط با هم بوده و مدیریت طرح را بسیار پیچیده می نماید و بنابراین اداره آن سخت تر از طرحهای تک منظوره است. در هر حال، طرحهای دو منظوره به طور قابل ملاحظه ای هزینه های تولید برق و آب شیرین را کاهش می دهند.

افزایش هزینه تأمین آب در گزینه های سنتی:

عوامل زیر می توانند سبب افزایش هزینه های تأمین آب در گزینه های سنتی شوند (وینتر و همکاران، ۲۰۰۳):

- هزینه های اضافی جهت تأمین استاندارد کیفی بالای آب در آینده
- افزایش تقاضا برای آب شیرین
- کاهش عرضه آب
- افزایش هزینه های تأمین آب
- تغییر سیستم قیمت گذاری به سمت در نظر گرفتن هزینه های واقعی تأمین آب

با افزایش تقاضا برای آب، هزینه فرصت تأمین آب نیز بالا خواهد رفت. در چنین شرایطی با فرض ثابت بودن مقدار عرضه آب، افزایش در تقاضا، جایگزینی گزینه های جدید را بدنبال خواهد داشت. افزایش تقاضای آب، بدین مفهوم است که موارد استفاده با ارزشتری بایستی حذف شود و این مسأله باعث افزایش هزینه فرصت آب می شود.

در بیشتر موارد قیمت پرداختی برای آب منعکس کننده هزینه واقعی پرداخت شده توسط جامعه برای آب نیست. قیمت های آب که بر اساس یک سیستم مدیریت دولتی محاسبه شده اند و این مسأله در بیشتر موارد متأثر از مسائل سیاسی بوده است، قیمت های مناسبی جهت مقایسه با هزینه های نمک

زدایی نیستند. با وجود این، تعیین هزینه واقعی آب (قیمت سایه ای آب یا ارزش و بازده آب) بسیار مشکل می باشد. به هر حال با مدنظر قرار دادن هزینه های واقعی تأمین آب، سیستم های نمک زدایی می توانند قابل رقابت با منابع تأمین آب متداول فعلی باشند (وینتر و همکاران، ۲۰۰۳).

موافق با نظر فوق، ریبریو و همکاران (۲۰۰۲) نیز معتقدند که در نگاه نخست مهمترین محدودیت استفاده از سیستم های نمک زدایی هزینه بالا است. با وجود این بررسی دقیقتر نشان می دهد که نکته قابل بحث در این زمینه سیاست قیمت گذاری آب است. مدیریت آب به طور غالب در دست دولت بوده و در نتیجه قیمت آب به طور گسترده دارای سوبسید است. به عقیده آنها بهره برداری پایدار از آب تنها در چارچوب یک طرح مدیریت جامع آب قابل انجام است. در این طرح جامع بایستی سمت های عرضه و تقاضای آب در یک منطقه بطور همزمان مورد توجه قرار گرفته و بدین ترتیب جایگاه گزینه های مختلف عرضه آب، از جمله آب شیرین کن ها، مشخص گردد.

ب- هزینه های نمک زدایی در مناطق مختلف جهان

در این بخش ازمطالعه گزارشات مختلف از هزینه های نمک زدایی به طور جداگانه ارائه خواهد شد و در پایان جمع بندی صورت می گیرد. در تمام موارد زیر آب تهیه شده دارای کیفیت مناسب جهت شرب می باشد.

در گزارش میرحبیبی و تبریزی (۱۳۸۲)، تنها یک رقم کلی در زمینه هزینه های نمک زدایی از آبهای شور ارائه شده است. به عقیده آنها هزینه نمک زدایی در حال حاضر حدود ۱ دلار آمریکا بر هر مترمکعب آب است. با فرض قیمت ۸۵۰۰ ریال برای هر دلار آمریکا، هزینه نمک زدایی از آب شور برابر با ۸۵۰۰ ریال بر مترمکعب آب تولید شده خواهد بود.

وینتر و همکاران (۲۰۰۳) هزینه های نمک زدایی را به صورت زیر اعلام کرده اند. بسته به نوع فرآیند مورد استفاده، منطقه جغرافیایی و کیفیت آبهای مورد استفاده و تولیدی، هزینه های نمک زدایی با فناوری فعلی بین ۰/۸ تا ۲/۱ دلار استرالیا بر هر متر مکعب می باشد. با فرض نرخ تسعیر ۵۹۴۸ ریال برای هر دلار استرالیا، هزینه نمک زدایی از آب شور بین ۴۷۵۸ تا ۱۲۴۹۱ ریال بر مترمکعب می باشد.

ریبریو و همکاران (۲۰۰۲)، ضمن مقایسه چهار منبع تأمین آب در تونس، نتیجه گرفته اند که هزینه های تأمین آب در گزینه های مختلف بصورت زیر است:

- انتقال آب، ۰/۵۴ یورو بر مترمکعب برابر با ۵۶۷۰ ریال بر مترمکعب
- آبهای زیرزمینی، ۰/۰۹۷ یورو بر مترمکعب برابر با ۱۰۱۸ ریال بر مترمکعب
- تصفیه آب فاضلاب، ۰/۱ یورو بر مترمکعب برابر با ۱۰۵۰ ریال بر مترمکعب
- نمک زدایی از آبهای شور، ۰/۶۱ یورو بر مترمکعب برابر با ۶۴۰۵ ریال بر مترمکعب

در محاسبه نرخ ریالی موارد فوق نرخ تسعیر ۱۰۵۰۰ ریال برای هر یورو در نظر گرفته شد. چنانچه مشخص است، هزینه های نمک زدایی از آبهای شور نسبت به سه گزینه دیگر بالاتر است. در مجموع مطالعه آنها نشان می دهد که هزینه تأمین آب با استفاده از تکنیک های نمک زدایی بطور میانگین ۶۴۰۵ ریال بر متر مکعب است.

در مطالعه گارسیا رود ریگز و همکاران (۲۰۰۱) هزینه های مختلف فرآیند نمک زدایی از آبهای شور بطور میانگین بصورت زیر است:

- هزینه های سرمایه گذاری اولیه، ۰/۸۷۵ دلار آمریکا بر مترمکعب برابر با ۷۴۳۷ ریال بر مترمکعب
- هزینه های تعویض غشا، ۰/۰۶ دلار آمریکا بر مترمکعب برابر با ۵۱۰ ریال بر مترمکعب
- هزینه های مواد شیمیایی مورد استفاده، ۰/۰۶ دلار آمریکا بر مترمکعب برابر با ۵۱۰ ریال بر متر مکعب
- هزینه های تعمیرات و نگهداری، ۰/۲ دلار آمریکا بر مترمکعب برابر با ۱۷۰۰ ریال بر مترمکعب
- هزینه های مصرف انرژی، ۰/۳ دلار آمریکا بر مترمکعب برابر با ۲۵۵۰ ریال بر مترمکعب

مجموع هزینه های بالا برابر با ۱۲۷۰۷ ریال بر هر متر مکعب می باشد. چنانچه مشخص است، هزینه های سرمایه گذاری اولیه حدود ۵۸ درصد از کل هزینه ها را تشکیل می دهد و هزینه های انرژی و تعمیرات و نگهداری در مراحل بعد قرار دارند. در مطالعه کارسیارود ریگز و همکاران (۲۰۰۱) همچنین فاکتورهای مختلف مؤثر بر هزینه نمک زدایی نیز اندازه گیری شده است. نتایج آنها نشان می دهد که بسته به ظرفیت دستگاه آب شیرین کن، هزینه های تولید یک متر مکعب آب بین ۷۲۲۵ ریال بر مترمکعب تا ۱۶۵۷۵ ریال بر مترمکعب متغیر است. به طوری که حداقل هزینه مربوط به دستگاه آب شیرین کن RO با ظرفیت تولید ۳۰۰۰ متر مکعب آب در روز بوده و هزینه حداکثر مربوط به دستگاه آب شیرین کن RO با ظرفیت تولیدی ۲۰۰ مترمکعب آب در روز می باشد. بدین ترتیب مشخص می شود که ظرفیت تولیدی دستگاه آب شیرین کن نقش مهمی در هزینه های تمام شده تولید هر واحد آب شیرین دارد. به طوری که با افزایش ظرفیت تولید، این هزینه ها کاهش می یابد.

در مطالعه گوین و کونیشی (۱۹۹۹)، هزینه های شیرین کردن آب با استفاده از انرژی های اتمی، زغال سنگ، سیکل ترکیبی و گاز مورد بررسی قرار گرفته است. مطالعه آنها بر روی دستگاههای آب شیرین کن در ظرفیت های تولیدی ۱۲۰۰۰۰ تا ۴۸۰۰۰۰ متر مکعب در روز می باشد. همچنین از دو روش MED و RO استفاده شده است. نتایج مطالعه آنها به صورت زیر است. دامنه تغییرات مشخص شده در هر زمینه مربوط به حجم آب شیرین کن است. کمترین رقم هزینه مربوط به حجم دستگاه ۴۸۰۰۰۰ مترمکعب در روز بوده و بیشترین هزینه مربوط به آب شیرین کن با حجم ۱۲۰۰۰۰ مترمکعب در روز است.

- استفاده از انرژی اتمی و راکتورهای آب تحت فشار و سیستم MED، بین ۰/۶۵ تا ۰/۸۷ دلار آمریکا بر مترمکعب معادل ۵۵۲۵ تا ۷۳۹۵ ریال بر مترمکعب.
- استفاده از انرژی اتمی و راکتورهای آب تحت فشار و سیستم RO، بین ۰/۴۹ تا ۰/۶۸ دلار آمریکا بر مترمکعب معادل ۴۱۶۵ تا ۵۷۸۰ ریال بر متر مکعب.
- استفاده از انرژی اتمی و راکتورهای آب سنگین تحت فشار و سیستم MED، بین ۰/۴۵ تا ۰/۷۴ دلار آمریکا بر مترمکعب معادل ۳۸۲۵ تا ۶۲۹۰ ریال بر مترمکعب.
- استفاده از انرژی اتمی و راکتورهای آب سنگین تحت فشار و سیستم RO، بین ۰/۴ تا ۰/۶ دلار آمریکا، معادل ۳۴۰۰ تا ۵۱۰۰ ریال بر مترمکعب.
- استفاده از زغال سنگ پودر شده و سیستم MED، بین ۰/۷۲ تا ۰/۸۵ دلار آمریکا بر مترمکعب معادل ۶۱۲۰ تا ۷۲۲۵ ریال بر مترمکعب.

- استفاده از زغال سنگ پودر شده و سیستم RO، بین ۰/۵۵ تا ۰/۶۸ دلار آمریکا بر مترمکعب معادل ۴۶۷۵ تا ۵۷۸۰ ریال بر مترمکعب.
- استفاده از انرژی سیکل ترکیبی و سیستم MED، بین ۰/۷۸ تا ۰/۹۴ دلار آمریکا بر مترمکعب معادل ۶۶۳۰ تا ۷۹۹۰ ریال بر مترمکعب.
- استفاده از انرژی سیکل ترکیبی و سیستم RO، بین ۰/۶ تا ۰/۷۱ دلار آمریکا بر مترمکعب معادل ۵۱۰۰ تا ۶۰۳۵ ریال بر مترمکعب.
- استفاده از انرژی گاز و سیستم MED، بین ۰/۶۸ تا ۰/۸۴ دلار آمریکا بر مترمکعب معادل ۵۷۸۰ تا ۷۱۴۰ ریال بر مترمکعب.
- استفاده از انرژی گاز و سیستم RO، بین ۰/۶۹ تا ۰/۷۵ دلار آمریکا بر مترمکعب معادل ۵۸۶۵ تا ۶۳۷۵ ریال بر مترمکعب.

نتایج مطالعه گوین و کونیشی (۱۹۹۹) نشان می دهد که:

۱- هزینه تولید هر مترمکعب آب شیرین بسته به شرایط مختلف در دامنه گسترده ای بین ۳۴۰۰ تا ۷۹۹۰ ریال بر مترمکعب قرار دارد.

۲- با افزایش ظرفیت تولید دستگاه آب شیرین کن، هزینه واحد آب تولید شده کاهش می یابد.

۳- سیستم RO در تمام موارد دارای هزینه تمام شده کمتری نسبت به سیستم MED است.

۴- استفاده از انرژی اتمی باعث کاهش هزینه های تمام شده نمک زدایی نسبت به انرژی های زغال سنگ، سیکل ترکیبی و گاز می شود.

به طور کلی می توان گفت که مطالعات مختلف هزینه های متفاوتی را برای تولید یک مترمکعب آب شیرین و قابل شرب از آبهای شور بدست آورده اند. به طوری که این هزینه ها در دامنه گسترده ای بین ۳۴۰۰ تا ۱۶۵۷۵ ریال بر مترمکعب می باشد. عدد ۳۴۰۰ ریال بر مترمکعب مربوط به دستگاه آب شیرین

کن RO با استفاده از انرژی اتمی و ظرفیت تولید روزانه ۴۸۰۰۰۰ مترمکعب آب شیرین می باشد. در مقابل عدد ۱۶۵۷۵ ریال بر مترمکعب مربوط به سیستم آب شیرین کن RO با استفاده از انرژی باد و ظرفیت تولید روزانه ۲۰۰ مترمکعب در روز است. اعداد مختلفی که برای هزینه تولید یک مترمکعب آب شیرین در مطالعات مختلف ارائه شده است به ترتیب حداقل به حداکثر عبارتند از:

۳۴۰۰، ۳۸۲۵، ۴۱۶۵، ۴۶۷۵، ۴۷۵۸، ۵۱۰۰، ۵۵۲۵، ۵۷۸۰، ۵۸۴۵، ۶۰۳۵، ۶۱۲۰، ۶۲۹۰، ۶۳۷۵، ۶۴۰۵، ۶۶۳۰، ۷۱۴۰، ۷۲۲۵، ۷۳۹۵، ۷۹۹۰، ۸۵۰۰، ۱۲۴۹۱، ۱۲۷۰۷، ۱۶۵۷۵ ریال بر مترمکعب. بعبارت دیگر، قبل از نصب آب شیرین کن نمی توان هزینه تمام شده هر واحد آب را بطور دقیق مشخص نمود. با این حال می توان به این نتیجه رسید که با فناوری فعلی، حداقل و حداکثر هزینه تولید یک واحد آب شیرین از آبهای شور به ترتیب ۳۴۰۰ و ۱۶۵۷۵ ریال بر مترمکعب است. بعبارت دیگر، هنوز تولید آب شیرین از آب شور با هزینه کمتر از ۳۴۰۰ ریال بر مترمکعب امکان پذیر نیست. علاوه بر این اعداد بالا نشان می دهد که بیشترین تکرار بین ۵۰۰۰ تا ۸۰۰۰ ریال بر مترمکعب می باشد. همچنین میانگین هزینه های نمک زدایی برابر با ۶۸۴۷ ریال بر مترمکعب است.

ج- بررسی اقتصادی – اجتماعی امکان استفاده از آب شیرین کن در مناطق پسته کاری شهرستان رفسنجان:

همانطوری که گفته شد، نمک زدایی بطور کلی برای دو نوع آب مورد استفاده قرار می گیرد. این دو نوع شامل نمک زدایی از آب دریا و نمک زدایی از آبهای شور مناطق خشکی می باشد. در شهرستان رفسنجان استفاده از آب شیرین کن در زمینه آبهای شور مناطق خشکی معنی پیدا می کند. علاوه بر این، تنها منابع آب شور منطقه نیز آبهای زیرزمینی هستند.

اولین فاکتور در زمینه بررسی اقتصادی – اجتماعی امکان استفاده از فرآیند نمک زدایی از آبهای شور در شهرستان رفسنجان اطلاع از حجم این آبها می باشد. با این حال، اطلاعات مناسبی در این رابطه وجود ندارد. حتی در این زمینه هیچ احتمالی نیز داده نمی شود. بنابراین قبل از هر چیز بایستی حجم آبهای شور در منطقه مشخص گردد تا بتوان در زمینه شیرین نمودن آن تصمیم گرفت. به عبارت دیگر با توجه به عدم وجود اطلاعات لازم در زمینه حجم آبهای شور در شهرستان رفسنجان، استفاده از سیستم های نمک زدایی در این منطقه منتفی می باشد. بنابراین قبل از خرید آب شیرین کن، در اولین گام بایستی طرحی جامع جهت تعیین حجم آبهای شور ارائه گردد.

دومین فاکتور، در بررسی اقتصادی – اجتماعی امکان استفاده از فرآیند نمک زدایی در شهرستان رفسنجان، توجه به مسأله بهره برداری پایدار از منابع آب زیرزمینی است. چنانچه ریبریو و همکاران (۲۰۰۲) بیان کرده اند، این مسأله نیازمند مدیریت جامع منابع آب بوده به طوری که مسائل عرضه و تقاضا بطور همزمان در نظر گرفته شود. در منطقه رفسنجان چنین مدیریتی وجود ندارد. تخریب گسترده منابع آب زیرزمینی مبین این مسأله است. به فرض وجود آب شور کافی در منطقه، همچنین اقتصادی بودن استفاده از سیستم های آب شیرین کن، عدم وجود یک مدیریت جامع منابع آب نتیجه ای جز تخریب کامل منابع آب شور منطقه را به دنبال ندارد. مسأله ای که برای منابع آب شیرین اتفاق افتاده است. به عبارت دیگر به جرأت می توان گفت که هزینه های تولید آب توسط آب شیرین کن هرگز کمتر از برداشت آب از سفره های آب زیرزمینی نخواهد بود. علاوه بر این حجم آبهای شور قابل استحصال نیز بیشتر از آبهای شیرین برداشت شده در طول ۴۰ سال گذشته نیست. حال که عدم وجود یک مدیریت جامع باعث تخریب این حجم از آبهای شیرین ارزان قیمت شده است، چه

تضمینی وجود دارد که ادامه روند گذشته، منابع شور را نیز بطور کامل تخریب ننموده و در پایان باعث کاهش بیشتر رفاه اقتصادی – اجتماعی جامعه نگردد. بنابراین دومین گام در جهت حل مشکل آب در شهرستان رفسنجان بررسی و ایجاد یک طرح جامع بهره برداری و استفاده از منابع آب زیرزمینی همراه با ایجاد تشکلهای لازم جهت کنترل عرضه و تقاضای آب در منطقه می باشد.

به فرض برداشتن گامهای اول و دوم در حل بحران آب در شهرستان رفسنجان آنگاه می توان به مسأله نمک زدایی از آبهای شور پرداخت. به شرط اینکه، گام نخست نشان دهد که حجم کافی آب در منطقه وجود دارد و گام دوم نیز تضمینی بر بهره برداری پایدار از آبهای زیرزمینی ایجاد کند. در این صورت می توان به مسأله اقتصادی بودن استفاده از دستگاههای آب شیرین کن پرداخت. برای این منظور در جدول ۲، هزینه های تأمین آب در گزینه های سفره زیرزمینی و آب شیرین کن و همچنین ارزشهای مبادلاتی و واقعی آب در شهرستان رفسنجان آمده است. برای تعیین هزینه های احتمالی استفاده از دستگاههای آب شیرین کن در شهرستان رفسنجان گزینه های مختلفی به صورت زیر مورد بررسی قرار گرفت.

گزینه اول: مصرف مستقیم آب شیرین شده بدون احتساب منافع غیرمستقیم طرح:

در این حالت هزینه های کل آب شیرین شده برابر با هزینه های آبکشی بعلاوه هزینه های نمک زدایی است. هزینه های آبکشی از آبهای زیرزمینی برابر با ۴۱۰ ریال بر مترمکعب می باشد (جوانشاه و همکاران، ۱۳۸۴). چنانچه قبلاً بیان شد، هزینه های نمک زدایی در دامنه ۳۴۰۰ تا ۱۶۵۷۵ ریال بر مترمکعب قرار گرفته و بطور متوسط ۶۸۴۷ ریال بر مترمکعب است. در این حالت هزینه

تمام شده هر مترمکعب آب شیرین شده، حداقل ۳۸۱۰ ریال و حداکثر ۱۶۹۸۵ ریال می باشد. در این گزینه میانگین هزینه تمام شده هر مترمکعب آب شیرین شده برابر با ۷۲۵۷ ریال می باشد.

گزینه دوم: مصرف مستقیم آب شیرین شده با احتساب منافع غیرمستقیم پروژه:

چنانچه مطالعه عبدالهی عزت آبادی(۱۳۷۵) نشان می دهد، برداشت از سفره های آب زیرزمینی علاوه بر هزینه های صریح آبکشی، دارای هزینه های جنبی نیز می باشد که جامعه بایستی بهای آن را بپردازد. مجموع هزینه های جنبی آبکشی برابر با ۱۰۷۷ ریال بر مترمکعب است. از کل هزینه های جنبی آبکشی ۹۱۲ ریال آن مربوط به کاهش درآمدهای آتی کشاورزان به علت کاهش کیفی و کمی آبکشی از سفره های زیرزمینی است. ۷۰ ریال آن مربوط به افزایش هزینه های آبکشی در آینده می باشد و ۹۵ ریال آن به علت کاهش ارزش سرمایه های کشاورزان ناشی از کاهش کیفی و کمی آب در منطقه است. با استفاده از دستگاههای آب شیرین کن می توان انتظار داشت که هزینه های مربوط به کاهش درآمدهای آتی و کاهش سرمایه های کشاورزان حذف شود. بنابراین حذف ۱۰۰۷ ریال بر مترمکعب (مجموع ۹۵ بعلاوه ۹۱۲) از هزینه های جنبی را می توان بعنوان منافع غیرمستقیم پروژه آب شیرین کن دانست. در این حالت، خالص هزینه کل تمام شده هر مترمکعب آب شیرین شده، حداقل برابر با ۲۸۰۳ ریال و حداکثر ۱۵۹۷۸ ریال و بطور میانگین ۶۲۵۰ ریال می باشد (جوانشاه و همکاران، ۱۳۸۴).

گزینه سوم: مخلوط کردن آب شیرین شده با آب شور موجود و احتساب منافع غیرمستقیم:

در این گزینه فرض می شود که می توان آب شیرین شده (قابل شرب) را با آب شور بالای ۱۵۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر مخلوط نموده و آب مناسب کشاورزی در منطقه (بین ۵۰۰۰ تا ۸۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر) تولید نمود. همچنین فرض می شود که ترکیب خطی وجود داشته و مخلوطی مساوی از دو آب ایجاد خواهد شد. بدین ترتیب هزینه های هر واحد آب تحویل شده به کشاورز بصورت زیر است. در اینجا حذف هزینه های جنبی آبکشی نیز بعنوان منافع غیرمستقیم پروژه آب شیرین کن در نظر گرفته می شود.

ریال بر متر مکعب ۱۶۰۶=۲÷ (۴۱۰+۲۸۰۳)= حداقل هزینه

ریال بر متر مکعب ۸۱۹۴= ۲÷ (۴۱۰ + ۱۵۹۷۸)= حداکثر هزینه

ریال بر متر مکعب ۳۳۳۰=۲÷ (۴۱۰+ ۶۲۵۰) = میانگین هزینه

در هیچکدام از موارد فوق هزینه های مربوط به دفع فاضلاب و هزینه های زیست محیطی دیگر فرآیند نمک زدایی منظور نشده است.

در جدول۲ هزینه های آبکشی از آبهای زیرزمینی، هزینه تمام شده آب شیرین کن، ارزش مبادلاتی آب و ارزش واقعی آب با هم مقایسه شده اند.

جدول ۲: مقایسه هزینه و منافع گزینه های مختلف تأمین آب (واحد ریال بر مترمکعب)

ردیف	نام متغیر	حداقل	حداکثر	میانگین
۱	هزینه های صریح آبکشی از آبهای زیرزمینی	۷۰	۱۹۵۰	۴۱۰
۲	هزینه های جنبی آبکشی از آبهای زیرزمینی	–	–	۱۰۷۷
۳	هزینه تمام شده هر مترمکعب آب تحویل شده به کشاورز در پروژه آب شیرین کن	۱۶۰۶	۱۶۹۸۵	۷۳۵۸

۴	ارزش مبادلاتی آب در منطقه	۳۴۲	۴۸۵۸	۲۲۰۰
۵	ارزش واقعی آب (قیمت سایه ای)	۶۴۹	۲۳۲۱	۲۲۵۷

ماخذ: یافته های تحقیق

بر اساس نتایج جدول ۲، ابتدا ستون میانگین را مورد بررسی قرار می دهیم. مقایسه هزینه های تأمین آب در گزینه های مختلف با هر یک از ارزشهای مبادلاتی و واقعی آب نشان می دهد که در حال حاضر تنها بهره برداری از آبهای زیرزمینی در منطقه اقتصادی می باشد. به عبارت دیگر مقایسه مجموعه هزینه های صریح و جنبی آبکشی (۱۴۸۷=۴۱۰+۱۰۷۷) از آبهای زیرزمینی با ارزش های مبادلاتی آب در منطقه (۲۲۰۰ ریال بر مترمکعب) و واقعی آب در منطقه (۲۲۵۷ ریال بر مترمکعب) نشان می دهد که حتی از دید اجتماعی نیز برداشت از سفره های زیرزمینی قابل قبول می باشد. این در حالی است که فرآیند نمک زدایی اقتصادی نمی باشند زیرا میانگین هزینه های تأمین آب در آن بالاتر از ارزش های مبادلاتی و واقعی آب می باشد. . ارزش مبادلاتی آب مقدار پولی است که کشاورزان منطقه جهت خرید یک متر مکعب آب می پردازند. این در حالی است که هزینه تأمین آب مربوط به کل مخارج پمپاژ و انتقال آب تا سر مزرعه می باشد. برای محاسبه هزینه های تأمین آب، مبلغ نفقه پرداختی پسته کاران بابت آب از آنها سؤال شد. همچنین قیمت خرید و فروش آب در مناطق مختلف پسته کاری نیز از طریق پرسشنامه از کشاورزان سؤال شده و به عنوان ارزش مبادلاتی آب در نظر گفته شد. همچنین قیمت سایه ای آب، ارزش آب بوده که از روش برنامه ریزی خطی محاسبه گردیده است.

بررسی جزئی تر جدول ۲ نشان می دهد که در دامنه ای از هزینه ها و منافع، آب شیرین کن می توانند اقتصادی باشد. بنابراین نمی توان استفاده از این پروژه

را بطور قاطع رد کرد. بنابراین نیاز به مطالعات بیشتری در این زمینه است. در این راستا راهکارهایی بصورت زیر ارائه می شود.

در رابطه با پروژه آب شیرین کن بایستی سه مرحله زیر به ترتیب اجرا گردد.

مرحل اول: حجم آبهای شور سفره های زیرزمینی در شهرستان رفسنجان مشخص شود.

مرحله دوم: سازمان و برنامه ای جامع جهت مدیریت عرضه و تقاضای آب و همچنین کنترل برداشت از سفره طراحی گردد.

مرحله سوم تنها در صورتی قابل اجرا است که مراحل اول و دوم انجام گرفته و دارای نتایج قابل قبولی باشد. نتیجه مرحله اول بایستی نشان دهنده وجود حجم مناسب و کافی آب شور قابل استحصال در شهرستان رفسنجان باشد. همچنین نتیجه مرحله دوم بایستی تشکیل سازمان بهره برداران از آبهای زیرزمینی باشد. این سازمان بایستی ضمن کنترل کامل برداشت از سفره های آب، برنامه ای جامع جهت مدیریت همزمان عرضه و تقاضای آب ارائه کند. در این صورت نوبت به مرحله سوم می رسد. در غیر این صورت اجرای مرحله سوم هیچ توجیه اقتصادی و اجتماعی ندارد. زیرا در صورتیکه اطلاعی از حجم آبهای شور منطقه وجود نداشته باشد یا اطلاعات موجود دال بر عدم وجود آب شور کافی باشد، پروژه آب شیرین کن هیچ توجیه اقتصادی و اجتماعی ندارد. همچنین در صورتیکه روند بهره برداری از آبهای زیرزمینی مثل قبل بوده و هیچ سازمان کنترل کننده قوی و دقیقی ایجاد نگردد و برنامه ای جامع برای مدیریت همزمان عرضه و تقاضای آب وجود نداشته باشد، ورود هر نوع فناوری که انگیزه برداشت از آبهای زیرزمینی را افزایش دهد بشدت به زیان منطقه بوده و رفاه

اقتصادی – اجتماعی را تا حد زیادی کاهش می دهد (عبدالهی عزت آبادی و نجفی، ۱۳۷۹).

مرحله سوم: در صورت رضایت بخش بودن نتایج مراحل اول و دوم، در مرحله سوم یک واحد آزمایشی از آب شیرین کن خریداری شود. این واحد برای بررسی جزئی تر اثرات فنی، اقتصادی و اجتماعی پروژه آب شیرین کن می باشد. بعبارت دیگر با خرید این واحد، هزینه های دقیق هر واحد آب نمک زدایی شده مشخص می گردد. همچنین مسائل فنی و زیست محیطی، منجمله فاضلاب ناشی از فرایند نمک زدایی نیز مورد بررسی قرار گیرد. در صورتیکه نتایج این مرحله دال بر اقتصادی بودن طرح آب شیرین کن باشد، خرید انبوه آن برای منطقه توصیه می گردد.

فهرست منابع:

۱- اسکونژاد، م. م. ۱۳۷۱. اقتصاد مهندسی یا ارزیابی اقتصادی پروژه های صنعتی. انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر. چاپ چهارم. تهران.

۲- جوانشاه، ا. صالحی، ف. و عبدالهی عزت آبادی، م. ۱۳۸۳. اولویت بندی روشهای آبیاری و ارائه اقتصادی ترین روش در راستای استفاده بهینه از منابع آب کشاورزی در باغات پسته استان کرمان. طرح مشترک سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان کرمان و مؤسسه تحقیقات پسته کشور.

۳- جوانشاه، ا.، عبدالهی عزت آبادی، م.، صداقتی، ن.، حسینی فرد، س. ج.، محمودی میمند، س. محمدی محمد آبادی، ا. و صالحی، ف. ۱۳۸۴. بررسی اقتصادی و اجتماعی امکان استفاده از دستگاههای آب شیرین کن در باغات پسته شهرستان رفسنجان. طرح مشترک سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان کرمان و مؤسسه تحقیقات پسته کشور.

۴- سلطانی، غ. ر. ۱۳۷۲. اقتصاد مهندسی. چاپ سوم. انتشارات دانشگاه شیراز. شیراز.

۵- سلطانی، غ. ر.، نجفی، ب. و ترکمانی، ج. ۱۳۷۱. مدیریت واحد کشاورزی. چاپ دوم. انتشارات دانشگاه شیراز. شیراز.

۶- شرکت سهامی آب منطقه ای کرمان. ۱۳۷۰. امور مطالعات منابع آب، گزارش مطالعات دشت های رفسنجان.

۷- شرکت سهامی آب منطقه ای کرمان. ۱۳۸۲. مکاتبات اداری.
۸- شرکت سهامی آب منطقه ای کرمان. امور آب رفسنجان. ۱۳۸۳. مکاتبات اداری.
۹- عبدالهی عزت آبادی، م. ۱۳۷۵. ارزیابی اقتصادی گزینه های تأمین آب کشاورزی در شهرستان رفسنجان. پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته اقتصاد کشاورزی. دانشگاه شیراز.
۱۰- عبدالهی عزت آبادی، م. و سلطانی، غ. ۱۳۷۸. محاسبه هزینه های جنبی آبکشی بیش از حد از منابع آب زیرزمینی: مطالعه موردی شهرستان رفسنجان، مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۰، شماره ۱، صفحات ۳۵ تا ۴۴.
۱۱- عبدالهی عزت آبادی، م. و نجفی، ب. ۱۳۷۹. سیاست گذاریهای ناهماهنگ و تأثیر آن بر رفاه اجتماعی. مطالعه موردی بهره برداری از منابع آب زیرزمینی شهرستان رفسنجان. مجموعه مقالات سومین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، جلد اول صفحات ۱۶۳ تا ۱۸۸.
۱۲- میرحبیبی، ع. و تبریزی، ن. ۱۳۸۲. بحران آب و بهره گیری از فنآوری نمک زدایی. فصلنامه علم و آینده، سال دوم، شماره دوم، صفحات ۱۱۱-۱۱۷.

13- El Nokrashy, H. M. 2003. New technology produces economic solar-electricity combined with seawater desalination. Environment, Cairo, Egypt, 30th Sept. to 2th Oct. 2003.
14- Garcia-Rodriguez, L., Romero-Ternero, V. and Gomez-Camacho, C. 2001. Economic analysis of wind-powered desalination, Desalination 137: 259-265.
15- Gowin, P. J. and Konishi, T. 1999. Nuclear seawater desalination IAEA activities and economic evaluation for southern Europe, Desalination 126: 301-307.
16- Lahmeyer, Co. 2003. Water desalination. www.lahmeyeride.
17- Ribeiro, J., EPP. C. and Tondi, G. 2002. Potential use of PV for water desalination.
18- Soltani, G. R. and Abdolahi, M. 1999. Economic comparison of alternative groundwater resource management in arid and semiarid regions. Regional Workshop on Traditional Water Harvesting Systems. Ministry of Jihad and UNESCO, Tehran, Iran.

19- Winter, T., Pannell, D. J. and Mccann, L. 2003. The economics of desalination and its potential application in Australia. http://www.general.uwa.edu.au/u/dpannoll/dpapo 102. htm.