**پیوست(5) -فایل اطلاعات پشتیبانی مقاله**

**عوامل گرفتگی و رسوب گرفتگی غشاهای اسمزمعکوس و بررسی فنی و زیست محیطی کاربرد شورابه تصفیه شده**

1. **عوامل گرفتگی و رسوب گرفتگی غشاهای اسمزمعکوس**

یکی از مشکلات غشاها، موضوع گرفتگی[[1]](#footnote-1) می باشد که بر اساس تقسیم بندی به صورت گرفتگی بیولوژیکی[[2]](#footnote-2) ، آلی[[3]](#footnote-3) ، غیرآلی[[4]](#footnote-4)، ذرات[[5]](#footnote-5) و کلوئیدی[[6]](#footnote-6) است. موضوع دیگر پیشگیری از رسوب گرفتگی غشاها[[7]](#footnote-7) است که به دلیل وجود عوامل پیش سازنده رسوب گرفتگی مانند کلسیم، منیزیم، سولفات و سایریون ها به صورت نمک های کربنات کلسیم، کربنات منیزیم، سولفات کلسیم و سایر نمک ها است. با توجه به اینکه آب برداشتی برای سامانه نمک زدایی مورد مطالعه از منابع آب زیرزمینی و در منطقه ایزوله در محدوده خارج شهر و دور از هرگونه منبع آلودگی صورت می گیرد به همین دلیل، مقادیر اندازه گیری کدورت و کل کربن آلی[[8]](#footnote-8) آب برداشتی از چاهها در محدوده به ترتیب کمتر یک واحد NTU و 5/0 میلی گرم در لیتر است.مقادیر پایین کل کربن آلی با کاهش گرفتگی بیولوژیکی غشاها به دلیل عدم دسترسی باکتریها به مواد غذایی همراه است.. همچنین شاخص دانسیته سیلت[[9]](#footnote-9) برای شورابه سامانه کمتر از 3 بوده که نشان دهنده عدم وجود مشکلات مرتبط با ذرات و مواد کلوئیدی در فرآیند است. از طرف دیگر بخش های مختلف پیش تصفیه کامل در سامانه نمک زدایی مورد بهره برداری وجود دارد که شامل فیلتراسیون، میکروفیلتراسیون، گندزدایی به همراه خنثی سازی کلرباقیمانده، تزریق ماده آنتی اسکالانت و تنظیم pH قبل از هدایت خوراک به غشاها است که موجب کنترل انواع گرفتگی ها می شود. همچنین به منظور جلوگیری از رشد بیولوژی در فرآیند تهیه و ترزیق آنتی اسکالانت و مواد شیمیایی، توسط پرسنل بهره بردار، برنامه نگهداری و سرویس و شستشوی دوره ای مخازن و تجهیزات تزریق و اجرای دقیق عملیات شستشوی ممبران ها با مواد شیمیایی[[10]](#footnote-10) انجام گیرد. پیشگیری از رسوب گرفتگی غشاها لازم است به صورت مستمر وضعیت پایداری کیفیت آب و شورابه با استفاده از شاخص های مختلفی همچون شاخص لانژلیه[[11]](#footnote-11) و شاخص رایزنر[[12]](#footnote-12)مورد پایش قرار گیرد. جدول(1) زیر وضعیت شاخص ها را در آب و شورابه سامانه نمک زدایی مورد مطالعه و خوراک پایلوت را نشان می دهد. از عوامل دیگری که در جهت جلوگیری از گرفتگی غشاها باید مورد پایش قرار گیرد مقادیر باقیمانده آهن و آلومینیوم و میزان سیلیکا و فلوراید در خوراک است که توضیحات آن در بخش ذیل ارائه می شود.

جدول (1)- وضعیت شاخص های پایداری کیفیت آب و شورابه

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Feed Characteristics | TDS (mg/L) | T (o C) | pH | Ca2+  (mg/L) | Total  Alkalinity | Langelier Saturation Index (LSI) | Ryznar Saturation Index (RSI) | Quality of LSI | Quality on basis of RSI |
| Feed Quality | | | | | | | | | |
| RO-Desalination System- 1ststage RO | 3229 | 19.71 | 7.65 | 263.6 | 47 | -0.5 | 8.8 | No Deposition | No Deposition |
| RO-Desalination System- 1ststage RO | 4142 | 23.00 | 7.50 | 434.4 | 49.6 | -0.46 | 8.4 | No Deposition | No Deposition |
| RO-Pilot | 6999 | 10.30 | 6.95 | 484 | 22 | -1.72 | 10.40 | No Deposition | No Deposition |
| RO-Pilot | 8712 | 23.12 | 7.92 | 61.6 | 112.4 | -0.63 | 9.2 | No Deposition | No Deposition |
| RO-Pilot | 9610 | 13.41 | 7.77 | 1120 | 116.40 | 0.23 | 7.3 | Deposition | No Deposition |
| Brine and Concentrated Quality | | | | | | | | | |
| RO-Desalination System- 1ststage RO | 5407 | 20.19 | 7.75 | 466.8 | 83 | -0.06 | 7.9 | No Deposition | No Deposition |
| RO-Desalination System -2nd stage RO | 9579 | 17 | 7.49 | 1120 | 126 | 0.08 | 7.3 | deposition | No Deposition |
| RO-Desalination System -2nd stage RO | 6848 | 23.10 | 7.85 | 733.2 | 77.6 | 0.24 | 7.40 | deposition | No Deposition |
| RO-Pilot | 7221 | 25.03 | 7.85 | 80.8 | 142.6 | -0.415 | 8.7 | No Deposition | No Deposition |
| RO-Pilot | 1712 | 16.56 | 7.82 | 109.1 | 209.2 | -0.131 | 8.1 | No Deposition | No Deposition |
| RO-Pilot | 9723 | 22.76 | 7.83 | 71.12 | 130 | -0.62 | 9.1 | No Deposition | No Deposition |
| RO-Pilot (Adjusted pH) | 7580 | 10.52 | 6.4 | 448 | 38.8 | -2.07 | 10.5 | No Deposition | No Deposition |
| RO-Pilot  (Adjusted pH and dosing Antiscalant) | 12660 | 15.99 | 4.08 | 1407.2 | 0.008 | -7.50 | 19 | No Deposition | No Deposition |

ادامه جدول (1)- وضعیت شاخص های پایداری کیفیت آب و شورابه

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Feed Characteristics | TDS (mg/L) | T  (o C) | pH | Ca2+  (mg/L) | Total  Alkalinity | Langelier Saturation Index (LSI) | Ryznar Saturation Index (RSI) | | Quality of LSI | Quality on basis of RSI |
| Sedimentation Tank and UF-Pilot | | | | | | | | | | |
| Electrocoagulation 4 + Chemical Precipitation | 8055 | 10.15 | 9.0 | 126.2 | 72.2 | +0.23 | 8.5 | Deposition | | No Deposition |
| Sedimentation Tank + Adjusted pH+ EDTA | 7264 | 11.80 | 6.40 | 449 | 43.2 | -1.98 | 10.4 | No Deposition | | No Deposition |
| Ultrafiltration | 6351 | 11.38 | 6.40 | 301 | 43.2 | -2.14 | 10.7 | No Deposition | | No Deposition |
| Desalinated Water Quality | | | | | | | | | | |
| RO-Desalination System- 1ststage RO | 29 | 20.46 | 7.87 | 4.16 | 10 | -2.4 | 12. | No Deposition | | No Deposition |
| RO-Desalination System -2nd stage RO | 279 | 20.62 | 7.55 | 23.68 | 12 | -1.99 | 11.5 | No Deposition | | No Deposition |
| RO-Pilot | 762 | 24.78 | 7.5 | 3.84 | 10.2 | -2.91 | 13.3 | No Deposition | | No Deposition |
| RO-Pilot | 118 | 16.95 | 7.5 | 3.92 | 7.6 | -1.70 | 11.0 | No Deposition | | No Deposition |
| RO-Pilot  Feed- Brine of  2nd stage RO | 2740 | 10.50 | 7.3 | 134 | 54 | -1.38 | 10.1 | No Deposition | | No Deposition |
| RO-Pilot  Feed- Brine of  2nd stage RO | 1557 | 23.1 | 7.3 | 2.4 | 10 | -2.60 | 13.4 | No Deposition | | No Deposition |

در جدول فوق، مشخصات کیفیت آب و شورابه در سامانه نمک زدایی تحت بهره برداری برای مرحله اول اسمز معکوس [[13]](#footnote-13) و برای مرحله دوم اسمز معکوس[[14]](#footnote-14) و برای بخش های مختلف طرح پایلوت از جمله غشای اسمز معکوس پایلوت[[15]](#footnote-15) و سایر بخش های آن به همراه شاخص های کیفیت آب یا شورابه از لحاظ پایداری ارائه شده است. دو شاخص لانژلیه و رایزنر برای TDS خوراک تا محدود 10000 تا 15000 میلی گرم در لیتر می توان استفاده نمود . تعیین نوع و میزان تزریق ماده ضد رسوب[[16]](#footnote-16) و بعلاوه تنظیم pH برای کنترل رسوب گرفتگی و میزان ریکاوری آب[[17]](#footnote-17) حتی تعیین مدل غشای اسمز معکوس در مرحله طراحی، همگی با توجه به کیفیت خوراک از لحاظ وضعیت رسوب گرفتگی غشاها انجام می گیرد.

با توجه به ارقام درج شده در جدول(1)، برای کیفیت آب یا شورابه با عدد منفی برای شاخص لانژلیه و عدد بیش از 6 برای شاخص رایزنر، می توان نتیجه گرفت آب یا شورابه، غیر رسوبگذار است. بر اساس نتایج حاصله، کیفیت آب لب شور و شورابه در سامانه نمک زدایی مورد مطالعه، بدون رسوبگذاری و برای شورابه مرحله اول و دوم از لحاظ شاخص لانژلیه تمایل کمی به رسوبگذاری است. در ارتباط با نمونه های خوراک شورابه و آب تولیدی، نمونه ها در پایلوت از لحاظ دو پارامتر مذکور غیر رسوبگذار است. مواردی که در ارزیابی شاخص پایداری کیفیت شورابه قابل توجه است شامل شرایط غیررسوبگذار نمونه برای TDS برابر  
 mg/L 12660 و میزان یون کلسیم mg/L 1402 است که به دلیل اضافه کردن اسید و رسیدن pH نمونه به حد 4 و افزودن ماده ضدرسوب است. در ارتباط با فرآیند توام الکتروکواگولاسیون و ترسیب شیمیایی، وضعیت نمونه اولین راکتور به لحاظ شاخص لانژلیه، کمی رسوبگذار و از لحاظ شاخص رایزنر، غیر رسوبگذار و برای راکتور چهارم، شاخص لانژلیه نسبت به راکتور اول، شرایط رسوبگذاری آن کمتر شده و از لحاظ شاخص رایزنر، غیر رسوبگذار است. در این بخش به بررسی کنترل گرفتگی غشای اسمز معکوس پایلوت با آهن و منیزیم و همچنین سیلیکات و فلوراید پرداخته می شود.

**الف- کنترل گرفتگی غشای اسمز معکوس پایلوت با آهن و منیزیم**

یکی از عوامل گرفتگی غشاها، وجود آهن و آلونینیوم باقبمانده ناشی از فرآیند الکتروکواگولاسیون در پایلوت است. بررسی کارائی استفاده از مواد شیمیایی برای حذف آهن و آلومینیوم و سایر پارامترها از آب مخزن ته نشینی تا میکروفیلتراسیون(کاتریج فیلتر)، پرتوی ماورای بنفش و اولترافیلتراسیون، نشان داد ذرات آزاد شده آهن بر روی کاتریج فیلتر و غشای اولترافیلتراسیون سرامیکی نشست کرده و بدین جهت نسبت به بیرون آوردن و شستشوی آنها اقدام گردید. در خصوص پیشگیری از گرفتگی غشاها، می توان میزان آهن و آلومینیوم آزاد شده از فرآیند الکتروکواگولاسیون را بر طبق قانون فاردی محاسبه کرد . در این خصوص در ارتباط با پایلوت با جریان یک آمپر با الکترودهای Fe-Al و Al-Al و برای زمان های 30، 45، 60 و 90 دقیقه، نتایج محاسبات در جدول(2) ارائه شده است :

جدول (2)- میزان آهن و آلومینیوم آزاد شده از فرآیند بر طبق قانون فارادی در فرآیند الکتروکواگولاسیون پایلوت (جریان یک آمپر)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| زمان(min) | جرم آهن آزاد شده(gr) | جرم آلومینیوم آزاد شده(gr) |
| 30 | 52/0 | 17/0 |
| 45 | 78/0 | 25/0 |
| 60 | 05/1 | 34/0 |
| 90 | 60/1 | 5/0 |

از لحاظ تئوری، میزان آهن آزاد شده باقیمانده 2/3 برابر میزان آلومینیوم آزاد شده است که بر اساس نتایچ تجربی از پایلوت، این شرایط صدق می کند. آهن و آلومینیوم آزاده شده در آب به صورت محلول و بخشی به صورت ذرات[[18]](#footnote-18) است . میزان آهن اکسید شده باقیمانده در مخزن ته نشینی mg/L86/1 (37 برابر حد مجاز به غشای اسمز معکوس) و کدورت برابر NTU 6/15 و بعد از  
ته نشینی و اسید زنی و تزریق EDTA ، میزان آهن باقیمانده و کدورت به ترتیب به mg/L 6/0و NTU 7/5 و پس از کارتریج فیلتر به mg/L 5/0 وNTU 97/4 (97/5)می رسد. اسیدی کردن محصول تولیدی الکتروکواگولاسیون قبل از فرآیند تصفیه تکمیلی باعث بهبود اکسیداسیون آهن دو ظرفیتی به سه ظرفیتی شده و از جانب دیگر با تاثیر بر شاخص پایداری (شاخص های لانژلیه و رایزنر) به سبب جلوگیری از رسوب مواد معدنی بر غشاهای واحد تکمیلی(اولترافیلتراسیون و اسمز معکوس) می گردد .

بر اساس این نتایج، استفاده از EDTA موجب حذف 68 درصد آهن محلول و 63 درصد کدورت شده است. در ارتباط با عملکرد UF می توان نتیجه گیری کرد که به دلیل نشست ذرات آهن بر روی غشای اولترافیلتر، نیاز به شستشوی مکرر و برطرف کردن رسوبات است.

میزان آلومینیوم مجاز خوراک به غشای اسمز معکوس وفق دستورالعمل های سازنده غشاها برابرmg/L 1/0 است که رقم  
اندازه گیری شده برای آن بعد از مخزن ته نشینیmg/L 1/0 است. با توجه به اینکه آلومینیوم باقیمانده Al3+ با سلیکای موجود در خوراک و با اجزای آنتی اسکالانت[[19]](#footnote-19) به ویژه با مواد بر پایه فسفونات (در صورت استفاده از این نوع آنتی اسکالانت) موجب ایجاد گرفتگی در غشای اسمز معکوس می کند میزان سیلیس خوراک به پایلوت برابر 23 میلی گرم در لیتر) به این ترتیب لازم است نسبت به حذف آلومینیوم آزادشده باقیمانده از مرحله الکتروکواگولاسیون در پایین تر از حد مجاز به غشای اسمز معکوس پایلوت، اقدام گردد.

با توجه به اینکه میزان سیلیس خوراک به پایلوت برابر 23 میلی گرم در لیتر است به این ترتیب لازم است نسبت به حذف آلومینیوم آزادشده باقیمانده از مرحله الکتروکواگولاسیون در پایین تر از حد مجاز به غشای اسمز معکوس پایلوت، اقدام گردد.

شایان ذکر است آهن و آلومینیوم آزادشده در مرحله الکتروکواگولاسیون و بالا بودن مقادیر آن سبب گرفتگی غشاها از جمله میکروفیلتراسیون، اولترافیلتراسیون و غشاهای RO در پایلوت به صورت مکرر گردید . برای بهبود حذف آهن و آلومینیوم به صورت ذرات[[20]](#footnote-20)، علاوه بر ته نشینی و تزریق مواد شیمیائی نسبت به تعویض کاتریج فیلتر الیافی با هوزینگ 10 اینچ با ورودی 5/0 اینچ جوابگو نبوده به کارتریج فیلتر الیافی با هوزینگ 20 اینچ ورودی و ورودی یک اینچ اقدام شد. همچنین به طرح اولیه پژوهش، غشاهای اولترافیلتراسیون پلیمری (دو عدد ماژول غشایی الیاف توخالی اولترافیلتراسیون از جنس پلی پروپیلن PP) و اولترافیلتراسیون سرامیکی(2 عدد ماژول غشای نانوساختار سرامیکی از نوع آلومینیا) به پایلوت اضافه شد . بر اساس بررسی های صورت گرفته بعد از سه نمک مهم در رسوبگذاری شامل کربنات کلسیم و سولفات کلسیم و کربنات منیزیم می توان اظهار داشت که آهن و آلومینیوم موجب افزایش گرفتگی غشاهای RO در پایلوت شده است.

آهن و آلومینیوم آزادشده از فرآیند الکتروکواگولاسیون به عنوان عامل محدودکننده در کاربرد این فرآیند جهت پیش تصفیه یا تصفیه میانی سامانه های اسمزمعکوس (قرارگیری قبل از مرحله دوم اسمزمعکوس) محسوب می گردد. در راستای دستیابی به محدوده مجاز آهن باقیمانده از فرآیند الکتروکواگولاسیون و به منظور رسوب دهی نمک های قابل رسوبگذاری (نمک های کربناته و سولفاته با کلسیم و هیدروکسید منیزیم)، پیشنهاد می شود در صورت عملیاتی نمودن طرح در مقیاس کامل، تصفیه میانی در قالب تصفیه هیبریدی مشتمل بر حوضچه اختلاط مواد شیمیایی (تنظیم pH به همراه هوادهی برای اکسیداسیون آهن دو ظرفیتی به آهن 3 ظرفیتی و در ادامه اضافه کردن EDTA در یک مرحله برای ایجاد کمپلکس و رسوب دهی ) ، حوض ته نشینی (ترجیحا از نوع اکسیلاتور) ، فیلتراسیون (ترجیحا از نوع کاسه ای – آنتراسیت یا فیلتر گرین سند) و اضافه کردن اسید(جلوگیری از فرآیند رسوبگذاری و حذف EDTA باقیمانده)، کارتریج فیلتر و پرتودهی ماورای بنفش و اولترافیلتراسیون   
( ترجیحا از نوع ضفحه ای ) و در صورت نیاز ستون مبادله کننده کاتیونی قوی و تزریق آنتی اسکالانت قبل از واحد غشای RO طراحی و اجرا گردد.

در ارتباط با حذف آلومینیوم باقیمانده شامل آلومینیوم محلول و به صورت ذرات و به منظور رسوب دهی نمک های قابل رسوبگذاری(نمک های کربناته و سولفاته با کلسیم و هیدروکسید منیزیم) برای ابعاد در مقیاس بزرگ تر طرح[[21]](#footnote-21)، تصفیه میانی با فرآیند هیبریدی پیشنهاد می شود. این طرح، مشتمل بر تزریق مواد شیمیایی و اختلاط)اضافه کردن ماده قلیا EDTA در یک مرحله و افزودن اسید با کاهش پی هاش به 4/6 به منظور ایجاد کلات در مرحله بعد)، ته نشینی( ترجیحا لاملا)، فیلتراسیون( دو یا چند لایه)، میکروفیلتراسیون، پرتودهی ماورای بنفش، اولترافیلتراسیون، تزریق آنتی اسکالانت قبل از واحد غشای اسمز معکوس مرحله دوم است.

**ب- کنترل گرفتگی غشای اسمز معکوس با سیلیکا و فلوراید**

از عوامل دیگری که لازم است از لحاظ رسوب گرفتگی غشا در سامانه نمک زدایی و پایلوت مورد مطالعه مورد بررسی قرار گیرد میزان فلوراید و سیلیکا در خوراک است که نتایج در جداول (3) تا (4) ارائه شده است.

جدول(3)- میزان سیلیکا در آب لب شور و شورابه اسمز معکوس سامانه نمک زدایی و پایلوت

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Silica(mg/L) | | TDS (mg/L) | | محل نمونه برداری |
| Brine | Brackish water | Brine | Brackish water |
| 22.60 | 13.63 | 5407 | 3229 | RO- Desalination System |
| 25.00 | 10.32 | 9579 | 3664 | RO- Desalination System |
| 13.55 | 9.57 | 6848 | 4142 | RO- Desalination System |
| 22.69 | 35.90 | 12660 | 9610 | RO- Desalination System |

جدول(4) - میزان فلوراید در آب لب شور و شورابه اسمز معکوس سامانه نمک زدایی و پایلوت

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Fluoride(mg/L) | | TDS (mg/L) | | محل نمونه برداری |
| Brine | Brackish water | Brine | Brackish water |
| - | 0.61 | 5407 | 3229 | RO- Desalination System |
| 1.70 | 0.45 | 9579 | 3664 | RO- Desalination System |
| 1.64 | 1.23 | 12660 | 9610 | RO- Pilot Plant |

بررسی میزان فلوراید در آب لب شور و در شورابه غشای اسمز معکوس سامانه نمک زدایی مورد مطالعه و پایلوت بر طبق آنالیزهای صورت گرفته، نشان می دهد مشکل رسوبگذاری فلوراید کلسیم بر روی غشا وجود ندارد. در صورتی که در خروجی واحد لکتروکواگولاسیون با الکترودهای آهن با تنظیم pH و نزریق EDTAکلات آهن تشکیل شود می توان از آب تولیدی برای آبیاری محصولات کشاورزی استفاده نمود.

**2-بررسی فنی و زیست محیطی کاربرد شورابه تصفیه شده**

با توجه به اینکه در منطقه مرکزی ایران به دلیل اینکه اکثر خاک ها آهکی هستند گیاهان با کمبود ریز مغذی ها (آهن، منگنز، مس، بورن) مواجه بوده که این ریزمغذی ها، نقش مهمی در افزایش تولید محصول دارند. بر اساس تحقیق لوسنا و همکاران[[22]](#footnote-22) برای جبران آهن می توان از کلات های سنتزی[[23]](#footnote-23)(کمپلکس آهن با EDTA و سایر) و از کلات های آلی(کمپلکس آهن با EDTA و سایر) استفاده شود[1]. در استفاده از آب تولیدی برای آبیاری محصولات کشاورزی، اضافه کردن ماده کلات کننده[[24]](#footnote-24) با تنظیم pH، لازم است به صورتی انجام گیرد تا از رسوب آهن جلوگیری نماید. کلات آهن برای رفع کمبود آهن در خاک مناطق کشاورزی، به عنوان یک ماده میکروالمان در رشد محصولات کشاورزی استفاده شود.

سازمان جهانی غذا FAO در خصوص پارامترهای مهم کیفیت آب در آبیاری، رهنمودهایی داده است که در کتاب نوشته شده توسط میست ایر و همکاران[[25]](#footnote-25)(سال 2017) ارائه شده است [2] .بر اساس تحقیق حسین و همکاران[[26]](#footnote-26)(سال 2019)، کیفیت خاک در سطح جهانی از جمله خاک طبیعی و خاک های شور به ترتیب دارای هدایت الکتریکی کمتر ازdS/m 4 و بیشتر از dS/m 4 و pH اشباع بین 5/4 تا 5/7 برای خاک طبیعی و کمتر از 5/8 برای خاک شور و نسبت جذب سدیم یا SAR کمتر از 15 برای هر دو خاک است. بالا بودن پارامترهایی همچون هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیمSAR ، کربنات سدیم باقیمانده RSC و همچنین pH، سبب تنش شوری و کاهش رشد گیاهان می شود[3].

استفاده از شورابه سامانه نمک زدایی اسمزمعکوس برای کشت هیدروپونیک توسط آریسا- دیوید جیمنس[[27]](#footnote-27) (سال 2022) مورد بررسی قرار گرفته است که از جمله اهداف آن می توان به جلوگیری از تخریب خاک به دلیل وجود بالای یون ها با این روش اشاره نمود .[4]. بررسی کشت گیاهان مختلف در کشورهای آمریکای جنوبی نشان داد گیاه آفتابگردان گونه هلیانتوس [[28]](#footnote-28) با ارزش اقتصادی برای آب دارای شوری mS/cm 5/0 تا mS/cm 5 و به علاوه گیاه آفتابگردان گل قرمز[[29]](#footnote-29) به صورت کشت هیدروپونیک، قابلیت آبیاری با شورابه mS/cm 5/0 تا mS/cm 4/16را دارد[5] .

در مجموع بر اساس نتایج این تحقیق و بررسی سایر مطالعات، گزینه سوم به عنوان گزینه برتر برای فاز توسعه سامانه  
نمک زدایی از لحاظ فنی و زیست محیطی جهت به حداقل رساندن شورابه دفعی و تامین توام آب شرب و آب صنعتی و یا آب شرب و آب کشاورزی ارزیابی می شود که در بخش کشاورزی، از آب تولیدی می توان برای آبیاری گیاهان شورپسند از جمله برای آبیاری مزرعه پسته استفاده نمود.

**جمع بندی:**

نتایج این تحقیق، مشخص نمود در صورتی که در نظر باشد از فرآیند الکتروکواگولاسیون به عنوان پیش تصفیه یا تصفیه میانی برای سامانه نمک زدایی با غشای اسمزمعکوس استفاده شود لازم است برنامه کنترل رسوب گرفتگی غشاها به ویژه آهن یا آلومینیوم باقیمانده در آب خروجی از واحد الکتروکواگولاسیون، طراحی و اجرا گردد. دستاوردهای این پژوهش در خصوص استفاده همزمان ماده EDTA با ماده ضد رسوب فلوکون (کنترل موثر آهن محلول و غیر محلول بر اساس مشخصات سازنده) با تنظیم pH و مطابقت آن با نتایج سایر پژوهشگران، این موضوع را اثبات می کنذ که گزینه مذکور به عنوان راهکار اساسی در بهبود عملکرد حذف عوامل رسوبگذار غشاها و کاهش آنتی اسکالانت مصرفی در سامانه های نمک زدایی آب محسوب می شود.

در صورتی که از گزینه تولید آب کشاورزی از طریق جریان فرآیندی موازی الکتروکواگولاسیون با اسمز معکوس استفاده شود به دلیل اینکه از آب تولیدی از الکتروکواگولاسیون به عنوان خوراک اسمز معکوس استفاده نمی شود به این دلیل، مشکل رسوب گرفتگی برای این فرآیند به خصوص به دلیل یک مرحله ای شدن واحد اسمز معکوس وجود نداشته و بعلاوه یه سبب یک مرحله ای شدن RO، مصرف آنتی اسکالانت و مصرف انرژی در مقایسه با استفاده از فرآیند دو مرحله ای اسمز معکوس، کاهش یافته که این موضوع از لحاظ زیست محیطی و حتی هزینه های بهره برداری از طرح دارای اهمیت است.

**ماخذ:**

[1] Lucena, J. J. (2006). , *Iron nutrition in plants and rhizospheric microorganisms*, 103-128.

[2] Misstear, B., Banks, D., & Clark, L. (2017). *Water wells and boreholes*. *John Wiley & Sons*.

[3] Hussain, S., Shaukat, M., Ashraf, M., Zhu, C., Jin, Q., & Zhang, J. (2019), *Climate change and agriculture*, *13*.

[4] Jiménez-Arias, D., Sierra, S. M., García-Machado, F. J., García-García, A. L., Borges, A. A., & Luis, J. C. (2022), *Desalination*, 529, 115644.

[5] Sánchez, A. S., Nogueira, I. B. R., & Kalid, R. A. (2015), *Desalination*, 364, 96-107.

1. Fouling [↑](#footnote-ref-1)
2. bio fouling [↑](#footnote-ref-2)
3. organic [↑](#footnote-ref-3)
4. inorganic [↑](#footnote-ref-4)
5. particulates [↑](#footnote-ref-5)
6. colloids [↑](#footnote-ref-6)
7. Scaling [↑](#footnote-ref-7)
8. Total Organic Carbon(TOC) [↑](#footnote-ref-8)
9. Silt Density Index(SDI) [↑](#footnote-ref-9)
10. Clean In Place(CIP) [↑](#footnote-ref-10)
11. Langelier index [↑](#footnote-ref-11)
12. Rayznar index [↑](#footnote-ref-12)
13. RO-Desalination System- 1ststage RO [↑](#footnote-ref-13)
14. RO-Desalination System -2nd stage RO [↑](#footnote-ref-14)
15. RO-Pilot [↑](#footnote-ref-15)
16. Antiscalant chemicals [↑](#footnote-ref-16)
17. water recovery [↑](#footnote-ref-17)
18. particulate [↑](#footnote-ref-18)
19. Antiscalant component [↑](#footnote-ref-19)
20. [↑](#footnote-ref-20)
21. Scale up [↑](#footnote-ref-21)
22. Juan J. Lucena et al(2006) [↑](#footnote-ref-22)
23. Synthetic Iron Chelate [↑](#footnote-ref-23)
24. chelating agent [↑](#footnote-ref-24)
25. Misstear, B. et al(2017) [↑](#footnote-ref-25)
26. Hussain, S., et al(2019) [↑](#footnote-ref-26)
27. [David Jiménez](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0011916422000996" \l "!)-Ariasa et al. 2022 [↑](#footnote-ref-27)
28. Helianthus annuus L. [↑](#footnote-ref-28)
29. Red Sun variety [↑](#footnote-ref-29)