



استفاده از روش های نوین برای بازیابی پساب و کاهش مصرف آب در صنایع

تألیف: شرکت مگا، جمهوری چک، پودرالسکم

مدیر دفتر ایران: محمد رضا مظاهری، ستاری، بلوار لاله، پلاک ۹، واحد ۴

mohammad.mazaheri@mega.cz

چکیده

بازگردانی پساب صنعتی و فاضلاب شهری برای استفاده مجدد یکی از روشهای کارآمد برای کاهش مصرف آب خام است. علاوه بر آن، این بازگردانی، باعث کاهش تخلیه آبهای آلوده کننده به محیط زیست نیز میشود. بسته به نوع پساب و مشخصات آب تصفیه شده، برخی روشهای تصفیه اقتصادیتر خواهند بود و در این متن، فناوری اکترودیالیز برای تصفیه پساب در دو کاربری عمده معرفی میشود که تأثیر زیادی در اقتصادی کردن فرایند تصفیه خواهد داشت. در کاربری اول کاهش یونهای محلول در آب در حالتی که مجموع یونهای محلول در محدوده کمتر از ۲۰۰۰ ppm باشد و آب تصفیه شده نیز کاربری کشاورزی یا شرب باشد، توصیف خواهد شد. در حالت دوم نیز، برای پسابی با مجموع یونهای محلول بیشتر از ۵۰۰،۵۰۰ ppm که هدف کاهش حداکثری مقدار پساب یا صفر کردن میزان تخلیه پساب مایع به محیط باشد، کاربری و مزایای این فناوری معرفی خواهد شد. در هر دو حالت نیز یک نمونه اجرا شده جهانی از این طرحها به صورت اجمالی معرفی میشود.

کلید واژه ها: اکترودیالیز، ZLD، EDR، تصفیه پساب

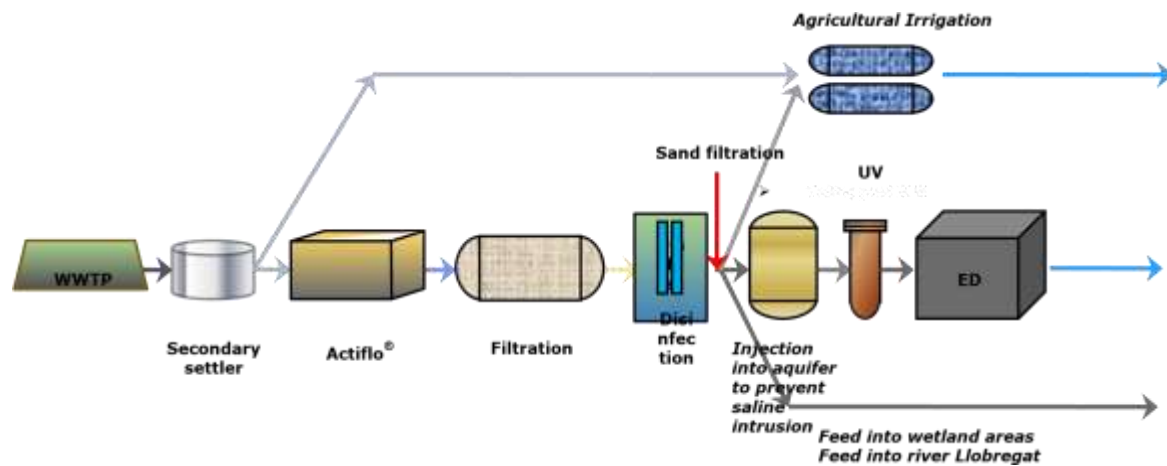
۱- مقدمه

تصفیه و بازگردانی پساب و فاضلاب معمولاً هزینه بر است و غالباً قیمت تمام شده آب تصفیه شده، از آب خام در دسترس بیشتر خواهد بود. در سالهای گذشته به دلیل غیر اقتصادی بودن این موضوع، توجه کافی به بازگردانی پساب صورت نمیگرفت ولی با کمتر شدن منابع آب در دسترس، بازگردانی و تصفیه پساب، علی رغم هزینه بر بودن آن، تبدیل به الزام شده است. استفاده از فناوریهای مناسب بر اساس نوع پساب و کاربرد آب تصفیه شده، کمک شایانی به مدیریت هزینهها و اقتصادیتر کردن این فرایند مینماید. الگوبرداری و استفاده از روشهای شناخته شده جهانی، میتواند سرعت و بازده به کارگیری این فناوریها را در ایران افزایش دهد و سیاست گذاری صحیح از سوی نهادهای ذیصلاح برای کاهش تخلیه پساب به محیط زیست و همچنین کاهش مصرف آب خام با تصفیه و بازچرخانی پساب نیز در مدیریت و حفظ کیفیت و کمیت منابع آبی تأثیر چشمگیری دارد.

۲- کاهش یونهای محلول در آب خروجی از تصفیه خانه فاضلاب برای استفاده کشاورزی

تخلیه پساب و فاضلاب به محیط زیست عواقب جبران ناپذیری دارد. در تصفیه فاضلاب شهری، پس از مراحل بایولوژیکال و تصفیه فیزیکی، ممکن است مجموع یونهای محلول در آب بیشتر از استاندارد برای مصارف کشاورزی باشد. در این شرایط رها

سازی آب در طبیعت یا استفاده از آن برای مصارف کشاورزی، موجب افزایش نمکها در خاک و حتی نفوذ آنها به سفره‌های آب زیر زمینی میشود. استفاده از روشهایی مانند اسمز معکوس، امکان کاهش یونها را فراهم مینماید ولی میزان بازیابی در این سیستم معمولاً با محدودیت مواجه است و برای حفظ میزان یونهای محلول در آب نیز ممکن است بخشی از آب از سیستم اسمز معکوس عبور داده نشود. الکترودیالیز یکی از فناوریهای است که برای کاهش یونهای محلول در آب در این کاربری اقتصادیتر از اسمز معکوس خواهد بود. طرح شماتیک نمونه ای از استفاده از این فناوری در تصفیه فاضلاب شهر بارسلونا با ظرفیت ۲۰۰۰ متر مکعب در ساعت در شکل ۱ مشاهده میشود. با به کارگیری این فناوری علاوه بر رعایت الزامات محیط زیستی، طرح نیز توجیه اقتصادی پیدا کرد.



شکل ۱ - طرح شماتیک تصفیه فاضلاب شهر بارسلونا برای رعایت استانداردهای محیط زیستی آب کشاورزی

بازیابی آب در این سیستم حدود ۸۶٪ بود و رسانایی آب از $3200 \mu\text{S}/\text{cm}$ به کمتر از $750 \mu\text{S}/\text{cm}$ میرسد. در شکل ۲، تصویر سیستم الکترودیالیز نصب شده در این پروژه مشاهده میشود.

۳- به صفر رساندن تخلیه پساب مایع به محیط زیست

رها سازی پساب یا فاضلاب در محیط زیست، ممکن است موجب آلودگی یا کاهش کیفیت منابع آبی شود. در روش اسمز معکوس، یونهای محلول در آب ورودی، توسط غشاها گرفته و به مسیر براین^۱ منتقل میشوند. دفع براین اسمز معکوس معمولاً یکی از چالشهای تصفیه خانه ها است. برای مثال اگر میزان یونهای آب ورودی حدود $5,000 \text{ ppm}$ و بازیابی سیستم اسمز معکوس حدود ۹۰٪

¹ Brine

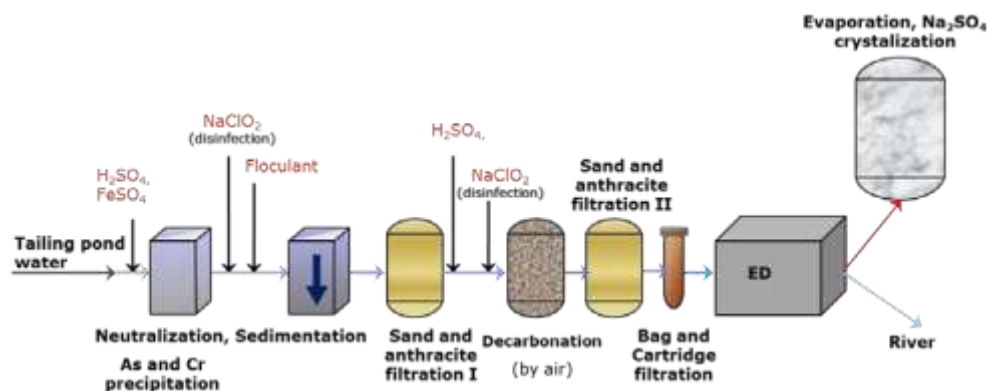
باشد، میزان بونهای مسیر بر این به حدود ۵۰،۰۰۰ ppm خواهد رسید. در تصفیه خانه های بزرگ، رهاسازی این آب در خشکی امکان پذیر نیست چون به سرعت به سفره های آب زیر زمینی نفوذ و آنها را شور میکند و از طرفی استفاده از استخرهای تبخیری نیز نیاز به فضای زیادی دارد (بخصوص در مناطق مرطوب). شرایط آب در این حالت به گونه ای است که تغلیظ بیشتر آب با استفاده از اسمز معکوس اقتصادی نیست ولی با استفاده از الکترودیالیز امکان بازیابی حدود ۸۰-۸۵٪ از آب موجود در بر این امکان پذیر است. به این ترتیب پسابی که باید به استخر تبخیری فرستاده شود به حدود ۱۵٪ قبل میرسد که کاهش چشمگیر ابعاد آن را به دنبال دارد.



شکل ۲ - تجهیزات الکترودیالیز نصب شده در تصفیه خانه شهر بارسلونا

در برخی کاربریها پساب حاوی یونهای است که نیاز است پیش تصفیه مناسبی برای آن در نظر گرفته شود. در شکل ۳، طرح شماتیک تصفیه پساب کارخانه اکسید آلومینیوم که در کشور اسلواکی اجرا شده است مشاهده میشود. پساب این کارخانه حاوی یونهای سنگین آلومینیوم است و قلیائیت بسیار بالایی دارد. بخش عمده این پساب پس از طی کردن مراحل تصفیه شامل لخته سازی و ته نشینی، همچنان حاوی مقادیر بالایی یون محلول است. استفاده از فناوری الکترودیالیز باعث کاهش این یونها و بازیابی حدود ۸۲٪ از آب با استاندارد لازم برای ورود به محیط زیست (رودخانه) میشود و تنها بخش اندکی از پساب که یونها در آن بسیار تغلیظ

شده است با مجموع یونهای نزدیک به ۰۰۰،۱۸۰ ppm به استخر تبخیری فرستاده میشود. مشخصات تصفیه خانه پساب کارخانه اکسید آلومینیوم در جدول ۱ مشاهده میشود.



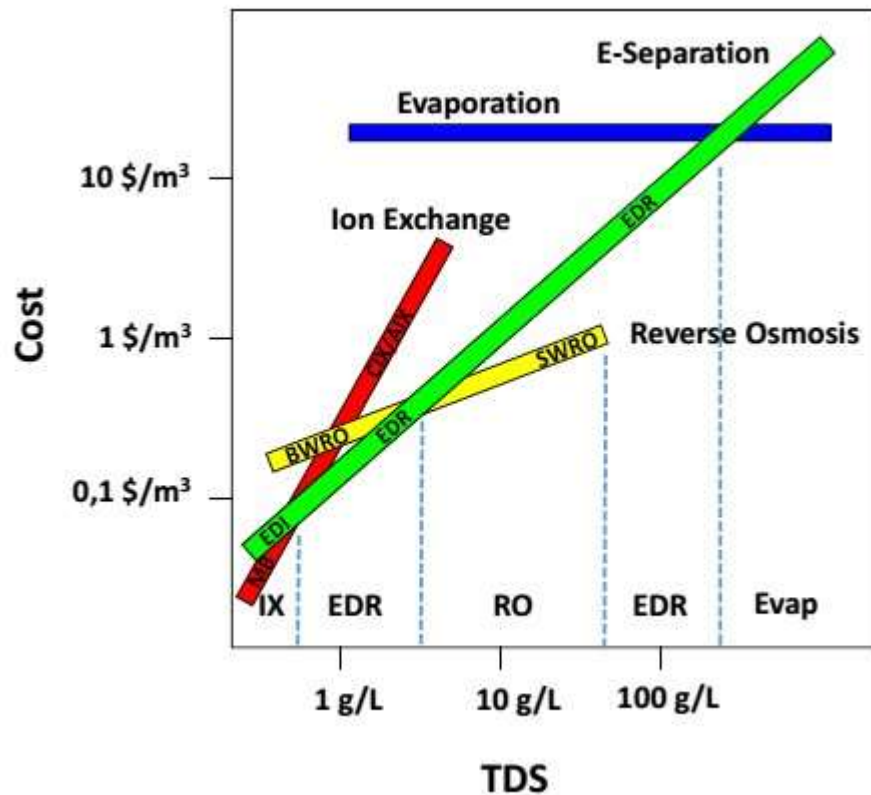
شکل ۳- طرح شماتیک تصفیه پساب در کشور اسلواکی (سیستم ZLD)

جدول ۱- مشخصات تصفیه خانه در کشور اسلواکی (سیستم ZLD)

| | |
|-----------------------|---|
| Client: | ZSNP a.s. |
| Project | Desalination of tailing ponds created after production of aluminum oxide |
| Locality | Ziar nad Hronom, Slovakia |
| Commissioning | 2003 |
| Feed specification | Very high alkalinity waters (pH 13-14) from red mud tailing pond (nearly 10g/l of free NaOH, containing anions OH ⁻ , CO ₃ ²⁻ , cations Na ⁺ , K ⁺ , metals as Al (1g/l), heavy metals Cr, As, Mo, V and some organic matters) |
| Pretreatment | Neutralization with H ₂ SO ₄ and precipitation using FeSO ₄ plus flocculent, sedimentation and filtration, additional acidification and double filtration before electrodialysis itself |
| Capacity, composition | Feed: 14,4 m ³ /hr at 37 g/l TDS Dilute: 11,8 m ³ /hr at 6 g/l TDS Concentrate: 2,6 m ³ /hr at 180 g/l TDS |
| Quality of Product: | per pH controlled to a river, concentrate is evaporated to the final commercial product of pure Na ₂ SO ₄ : |
| EDR Technology: | RALEX EWTU 12xED-II/200 |

۴- جمع بندی

هرچند وضع و الزام به رعایت استانداردهای محیط زیستی برای تخلیه پساب به محیط زیست اهمیت ویژه‌ای دارد ولی تا زمانی که فناوری مناسب و اقتصادی برای حصول شرایط استاندارد میسر نشود، مقاومت در مقابل اجرای آن وجود خواهد داشت. الگوبرداری از نمونه‌های مشابه جهانی، آشناسازی متخصصان کشور با فناوریهای جدید و مشارکت با شرکتهای صاحب فناوری، تأثیر چشمگیری در کاهش هزینه‌های تصفیه آب و پساب خواهد داشت. در شکل ۴، حدود قیمت برای کاهش یونهای محلول در آب در بازه آب مقطر یا حد اشباع دیده میشود. همانطور که از این شکل نیز مشخص است، برخی فناوریها مانند اسمز معکوس در بازه‌های اقتصادی‌ترین روش به شمار میروند ولی در حالتی که مجموع یونهای محلول در آب کمتر از ۵،۰۰۰ ppm یا بیشتر از ۵۰،۰۰۰ ppm باشد، فناوری الکترودیالیز اقتصادی تر خواهد بود.



شکل ۳- قیمت تمام شده آب حاصل از فناوریهای مختلف کاهش یون