

## نقش Coagulant در کاهش فولینگ کلوییدی

### مقدمه

نمونه برداری ها نشان می دهند که رسوب کلوییدی و ذره‌ای، شایع ترین علت افت عملکرد سیستم RO و عمر المانهای آن است.

کلویدها و ذرات معلق شامل:

- خاک رس
- کلویدهای سیلیس
- سیلیکات‌های فلزی
- فلوک (توده) آلومینیوم (هیدروکسید آلومینیوم)
- فلوک آهن (هیدروکسید فریک)
- ماکرومولکول‌ها

شیمیدان‌ها بین کلویدها و ذرات براساس اندازه شان تفاوت قائل می‌شوند. اجماع بر این است که کلویدها قطر کم‌تر از یک میکرون دارند، در حالی که ذرات ، بزرگ‌تر از یک میکرون هستند. ماکرومولکول‌ها عمدتاً کلوییدی آلی هستند و تقریباً در تمام منابع آب طبیعی وجود دارند. این مواد شامل اسید هیومیک و اسید فلوویک، پلی ساکاریدها و پروتئین‌ها هستند. فعالیت میکروبی منبع اصلی ماکرومولکول‌های آلی است. کلویدها و ذرات در اثر جریان پرمیت (permeate) به روی سطح غشا کشیده شده و رسوب گذاری میکنند که نرخ این رسوب گذاری متناسب با شار (فلاکس) جریان تولیدی (پرمیت) میباشد.

برای به حداقل رساندن میزان گرفتگی کلوییدی و ذرات، سازندگان غشای اسمز معکوس ، محدودیت‌های فلاکس را با توجه به میزان کلویدها در دسته های مختلف آب (آب دریا، پساب، آب سطحی و ...) تعیین کرده و روش‌های فیلتراسیون گوناگونی را توسعه داده اند.

شکل ۱ تاثیر رسوب کلوییدی بر جریان سیستم RO را نشان می‌دهد.

خط آبی نشان دهنده یک سیستم با فیلتراسیون موثر است. خط خاکستری برای یک سیستم دارای فیلتراسیون بی اثر میباشد. افزایش ناگهانی در جریان بعد از هر شستشو رخ می‌دهد.

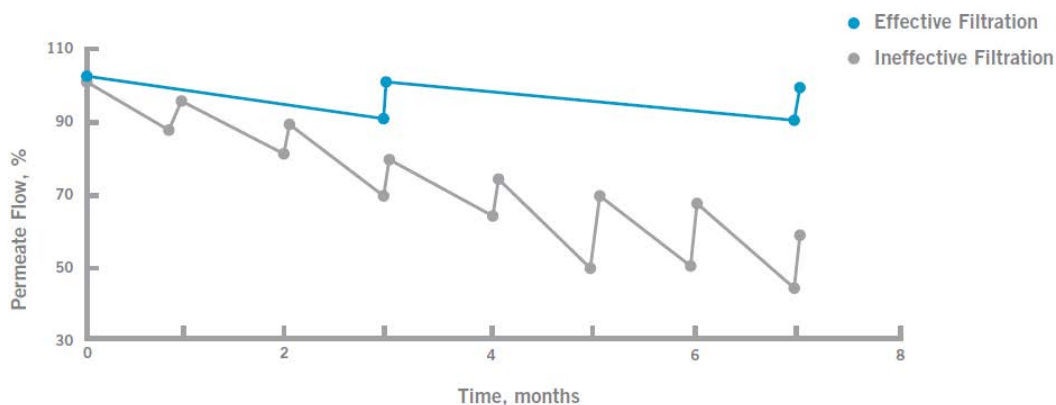


FIG. 1 Permeate Flow Profiles

باید توجه کرد که سیستم با فیلتراسیون بی اثر باید بیشتر شستشو شده و این شستشوها هرگز جریان تولید اولیه را بازیابی نمی‌کند.

## لخته سازی (COAGULATION) و فیلتراسیون

فیلترهای میکرومدیا (MMF) اقتصادی ترین وسیله برای حذف کلوئیدها از آب تغذیه RO است. با این حال، برای تاثیر بیشتر، انعقاد در خط در بالادست فیلترها مورد نیاز است. بدون انعقاد، فیلترها معمولاً تنها ۳۰ تا ۵۰ درصد کلوئیدهای آب تغذیه را حذف می کنند. با انعقاد، نرخ حذف کلوئید ۹۵ تا ۹۹ درصد معمول است.

کواگولانت ها ؛ نمک های فلزی و یا پلیمرهای آلی هستند:

**نمک های فلزی:** رایج ترین منعقدکننده های فلزی سولفات آلومینیوم (آلوم) و کلرید آهن هستند. به آب اضافه شده و نمک های فلزی با یک سری واکنش های هیدرولیز ، هیدرات با بار مثبت ایجاد میکنند که در واقع آنها منعقد کننده میباشند.

قابل ذکر است که اپراتورهای سیستم های الترافیلتر و میکروفیلتر به طور گسترده ای از منعقد کننده های حاوی آهن برای کاهش رسوب کلوئیدی و ذره ای، به ویژه در سیستم های مورد استفاده برای تصفیه فاضلاب های شهری و صنعتی استفاده می کنند.

**پلیمرهای آلی:** پلیمرهای آلی دارای وزن های مولکولی بین ۷۰.۰۰۰ تا ۵۰۰.۰۰۰ هستند و بیشتر آنها دارای گروه های آمین کواترنری بوده که به آنها بار الکتریکی مثبت می دهند.

**مکانیزم عمل کواگولانت:** تمام کلوئیدهای طبیعی و ذرات ، دارای بار الکترواستاتیک منفی هستند که موجب دافعه متقابل بین ذرات و جلوگیری از حذف موثر آنها توسط فیلترهای مدیا (شنی) می شود. هدف از منعقد کننده ، خنثی کردن این بار الکتریکی است که در نتیجه امکان حذف موثر آنها را فراهم می کند.

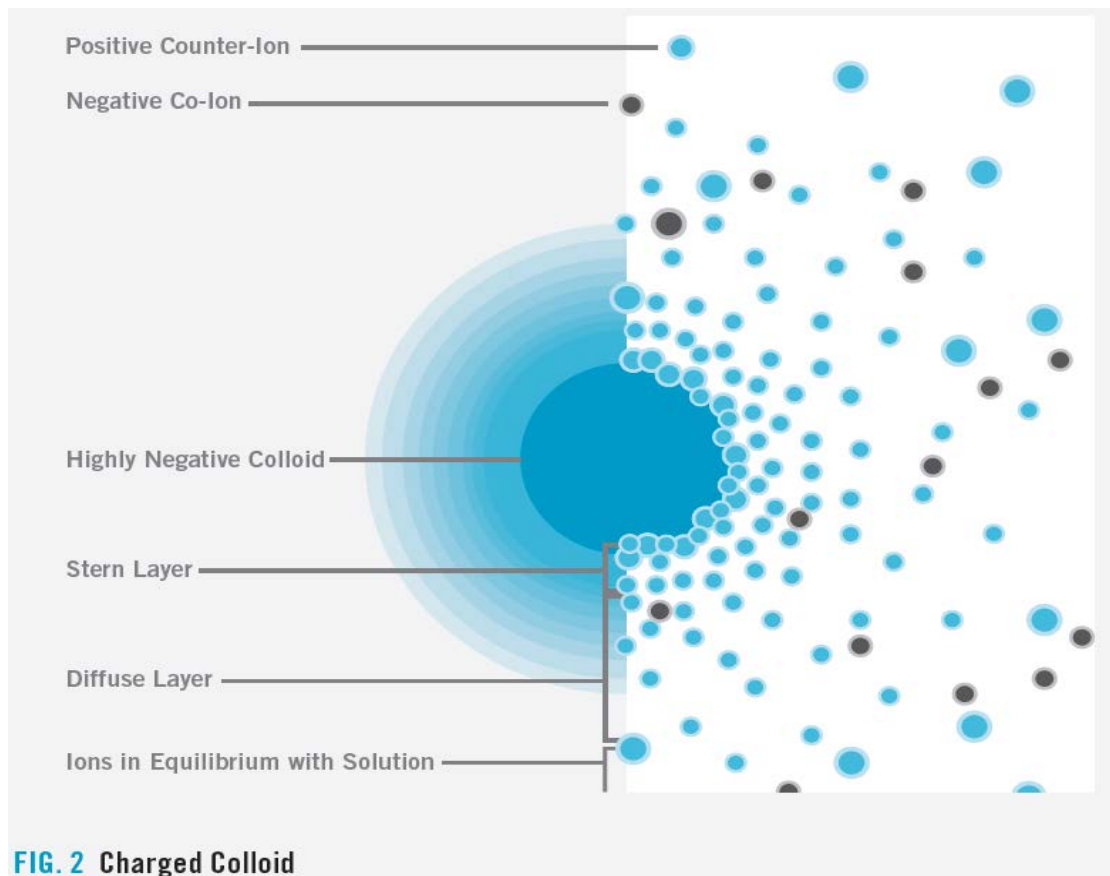


FIG. 2 Charged Colloid

بار الکتریکی موجود در کلویید و ذرات ، منجر به ساختار لایه دوگانه می شود که در شکل ۲ نشان داده شده است.

برای کلوئیدها و ذرات موجود در بیشتر آب‌های شیرین و لب‌شور، می‌توان بار الکتریکی آن‌ها را با یک زتا متر اندازه‌گیری کرد. **مقایسه منعقد کننده آلی و فلز:** جدول ۱ مزایا و معایب منعقد کننده های فلزی و آلی را نشان میدهد. در این مقایسه، قدرت یک ماده منعقد کننده، ضعف ماده منعقد کننده دیگر است. تعیین اینکه کدام محصول برای آب خاص بهتر جواب می‌دهد به آزمایش نیاز دارد.

جدول ۱: مقایسه منعقد کننده ها

نوع منعقد کننده	مزایا	معایب
نمک‌های فلزی	<ul style="list-style-type: none"> <li>حذف خوب کلوئیدهای آلی</li> <li>حساس به دوز کم‌تر</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ملزومات دوز بالاتر</li> <li>توده سریع‌تر از فیلتر عبور می‌کند</li> </ul>
پلیمرهای آلی	<ul style="list-style-type: none"> <li>ملزومات دوز پایین‌تر</li> <li>فلوک به خوبی در فیلترها حفظ شده‌است.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>حذف ضعیف کلوئیدهای آلی</li> <li>حساسیت دوزینگ بیشتر</li> </ul>

### آزمایش‌های کلوئیدی کیفی آب خوراک

تقریباً از زمان آغاز صنعت RO، استاندارد پیش‌بینی پتانسیل رسوب کلوئیدی آب خوراک، تست شاخص چگالی لجن (SDI) بوده است. با این حال، رابطه خوبی بین SDI و نرخ رسوب کلوئیدی مشاهده نشده. برای این منظور، داده‌های عملکرد سیستم از تعدادی از سایت‌ها جمع‌آوری و برای هر کدام از آن‌ها، نمودار تناوب شستشوی شیمیایی در مقابل SDI، رسم شده است.

شکل ۳ یک نمودار از این داده‌ها است.

در تمام سیستم‌های بررسی شده، رسوب کلوئیدی، دلیل اصلی فولینگ بود.

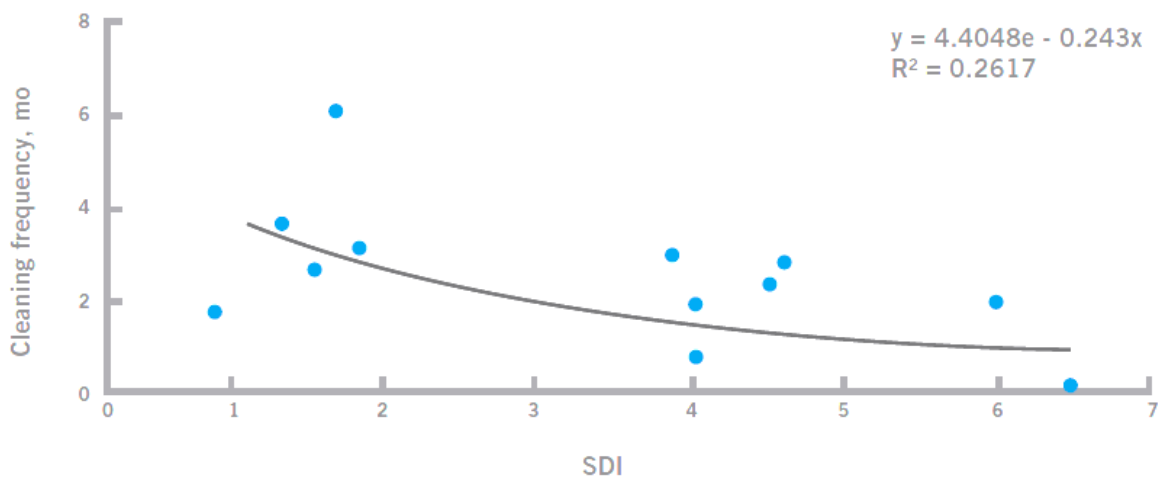


FIG. 3 SDI vs. Cleaning Frequency

با ارزیابی کامل داده‌های میدانی، میتوان رابطه فولینگ را با استفاده از کدورت و شمارش ذرات به عنوان شاخص‌ها، به ترتیب در شکل‌های ۴ و ۵ به دست آورد.

براساس کدورت، تناوب شستشوی شیمیایی سه ماهه، مربوط به کدورت خوراک حدود ۰.۲ NTU است.

براساس شمارش ذرات، تناوب شستشوی شیمیایی سه ماهه، متناظر با حدود ۶۵ ذره در هر میلی لیتر در محدوده اندازه ۲ تا ۵۰ میکرون است.

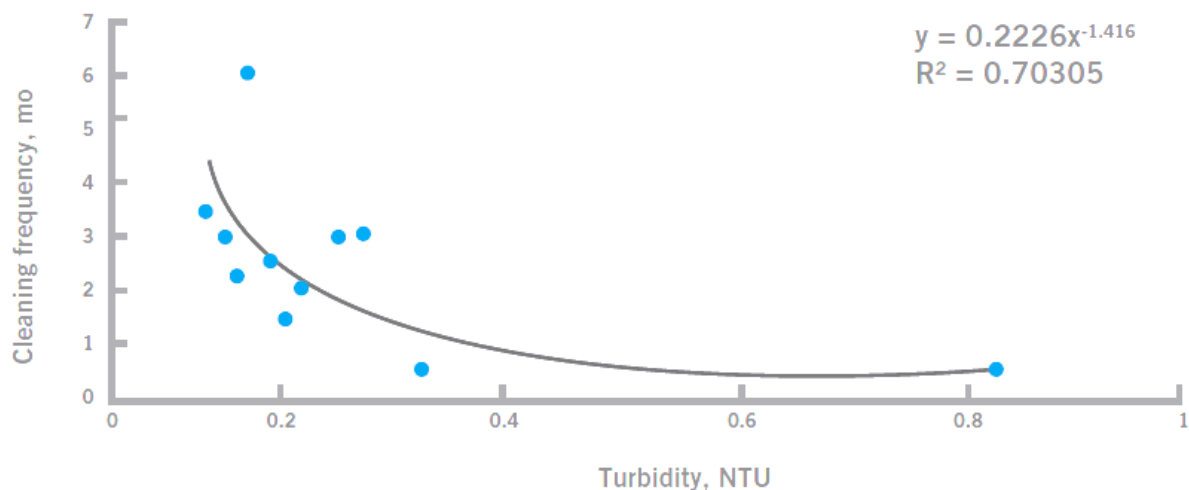


FIG. 4 Turbidity vs. Cleaning Frequency

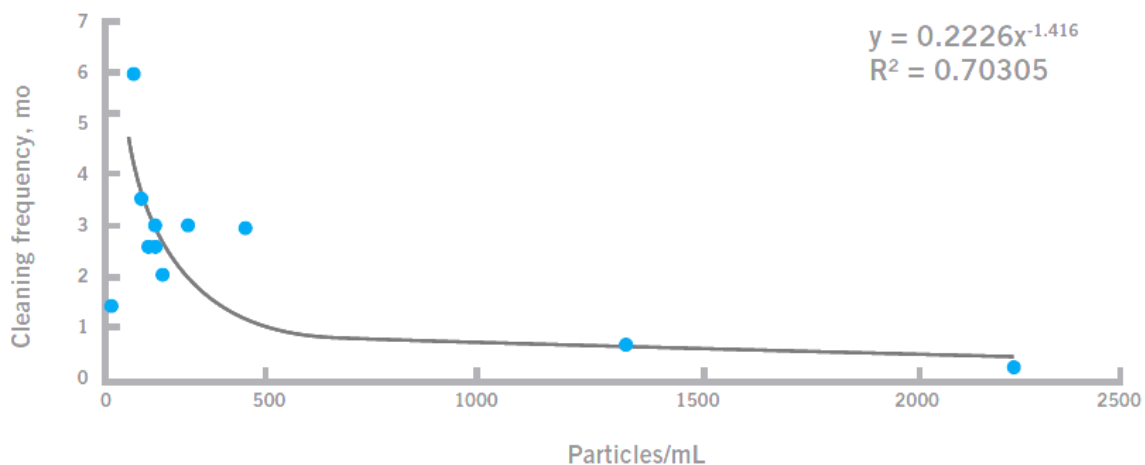
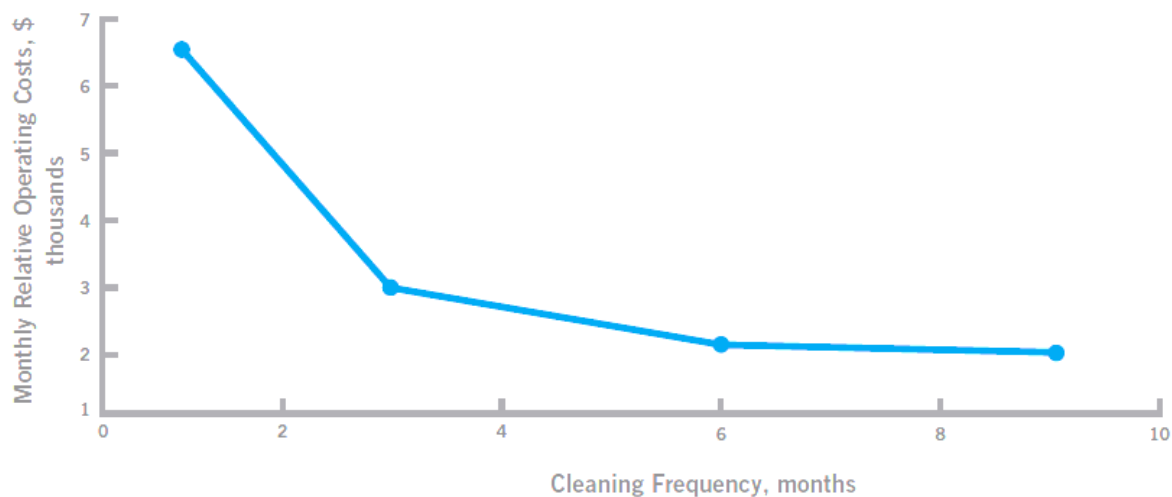


FIG. 5 Particle Count vs. Cleaning Frequency

### منافع اقتصادی تصفیه موثر:

هزینه‌های عملیاتی سیستم با نرخ رسوب گذاری متناسب است. شکل ۶، هزینه‌های عملیاتی در مقابل تناوب شستشوی شیمیایی را نشان می‌دهد. (تناوب شستشوی شیمیایی معیار جایگزین میزان گرفتگی است). این شکل نشان می‌دهد که هزینه‌های اجرایی با کاهش تناوب شستشوی شیمیایی به سرعت کاهش می‌یابد. برای مثال، تغییر تناوب شستشو از ماهانه به فصلی، هزینه‌های عملیاتی را تا ۵۶ درصد کاهش می‌دهد. در فواصل شستشوی طولانی‌تر، هزینه‌های عملیاتی آهسته‌تر کاهش می‌یابد و در حدود نه ماه ثابت می‌شود.



**FIG. 6** Operating Costs vs. Cleaning Frequency