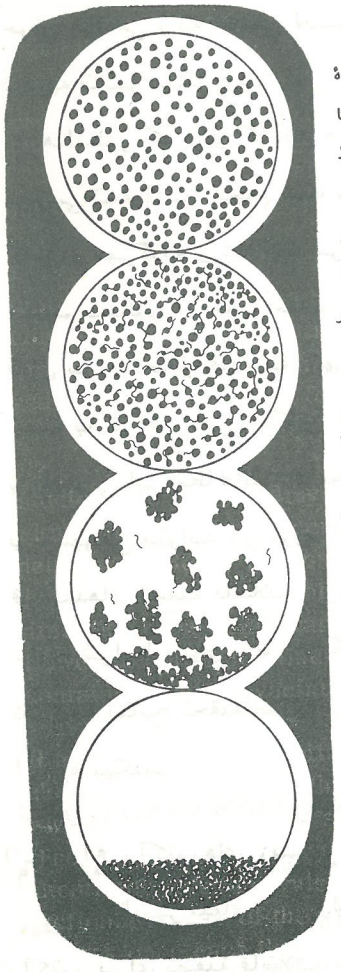
طرح فاضلاب تهران

دکتر علی اکبر عظیمی

تأثیر رژیم هیدرولیکی حوض هوادهی بر خواص ته نشینی لجن



مقدمه

بر اساس مطالعات اولیهٔ تکمیلی و بهنگام شدهٔ طرح فاضلاب تهران که در محدودهٔ مطالعات فاز اول انجام شده است ، تصفیه زیستی فاضلاب در تصفیه خانهٔ جنوبی با فرآیند لجن فعال پیشنهاد گردیده و در گزارش مطالعات بهنگام شده روش " اختلاط کامل " برای جریان هیدرولیکی و نوع اختلاط در حوض هوادهی توصیه شده است .

در جریان بررسی گزارش مطالعات بهنگام شده کمیسیون بررسی از مهندسین مشاور خواست که در مورد دو روش عمدهٔ " اختلاط کامل " و " جریان نهر گونه " مطالعات بیشتری انجام داده و نتایج بدست آمده را در مطالعات مرحله دوم موردنظر قرار دهد.

در مرحله دوم مطالعات ، نظر به اهمیت نوع جریان هیدرولیکی فاضلاب و اختلاط آن با لجن فعال برگشتی در حوض هوادهی و همچنین اهمیت آن در بازدهی فرآیندهای تصفیه و مسائل و مشکلات بهره برداری تصفیه خانه ، مهندسین مشاور در این زمینه ضمن انجام مطالعات لازم تحقیقاتی در مورد جریانهای مختلف هیدرولیکی فاضلاب انجام دادند.

در اینجا لازم به ذکر است که انجام این مطالعات مستلزم پژوهش های آزمایشگاهی با استفاده از پایلوت میباشد تا کلیهٔ عوامل کمی و کیفی پروژه و شرایط محیطی آن حتی المقدور در آن لحاظ گردد، لکن بعلت مشکلات عدیده و عدم دسترسی به امکانات و وسایل کافی برای انجام مطالعات آزمایشگاهی و پایلوتی، در این مرحله به بررسی و استفاده از تجربیاتی که در کشورهای دیگر توسط مؤسسات معتبر و متخصصین این رشته انجام شده است اکتفا گردیده ولی در هر حال همانطور که در انتهای این گزارش آمده ادامهٔ مطالعات از طریق بررسیهای آزمایشگاهی توصیه گردیده است .

در تهیه این گزارش کوشش شده است آخرین تحقیقات انجام شده در مورد انواع رآکتورهای بیولوژیکی در فرآیندلجن فعال مورد بررسی قرار گیرد. بدین منظور ضمن مراجعه به منابع علمی از همکاری کارشناسانی که خود در این زمینه پژوهشهای جدید انجام داده و به آخرین مراجع تحقیقاتی در این زمینه دسترسی داشته اند استفاده گردیده است . گزارش حاضر نتیجه کلیه تجربیات عملی و بررسی تعداد ۲۷ مقاله ، رساله و یا گزارش میباشد که فهرست آنها در پایان درج گردیده است . این مقاله برای شرکت مهندسین مشاور ری آب تهیه گردیده که ضمن تشکر از نویسنده و شرکت مذکور به چاپ آن اقدام میگردد.

فرآیند لجن فعال یکی از سیستم‌های متداول تصفیه فاضلاب میباشد که از سال ۱۹۱۴ عملا" مورد استفاده قرار گرفته و درباره آن بیش از فرآیندهای دیگر تحقیق شده است .

بر اساس نتایج بدست آمده از این پژوهش ها تغییرات و اصلاحات زیادی در این فرآیند انجام شده و گونه های مختلفی از آن مورد استفاده قرار گرفته است . این تغییرات بیشتر در بارهٔ نحوهٔ ورود فاضلاب خام، هوا و لجن بازگشتی به حوض هوادهی بوده و تحقیقات سالهای اخیر نشان میدهد که انجام چنین اصلاحاتی برچگونگی زدودن موادورودی به حوض هوادهی و ته نشینی لجن در حوض ته نشینی ثانویه تأثیر میگذارد.

همانطور که ذکر گردید هدف از تنظیم این گزارش بررسی تحقیقات انجام شده ومقایسه سیستهای اختلاط کامل و نهرگونه و شناخت مزایا و معایب این دو سیستم بمنظور انتخاب مناسب ترین فرآیند لجن فعال برای تصفیه فاضلاب شهر تهران میباشد. امید است با فراهم شدن امکان انجام پژوهشهای آزمایشگاهی و پایلوتی این مطالعات ادامه یافته و انجام چنین بررسیهائی بتواند در مورد انتخاب مناسب ترین فرآیندهای تصفیه فاضلاب در شرایط آب و هوائی و سایر شرایط طبیعی نقاط دیگر ایران نیز مؤثر باشد ذیلا" به نتایج تحقیقات و بررسیهای انجام شده اشاره میکنیم .

۱ ـ انواع رآکتورهای زیستی

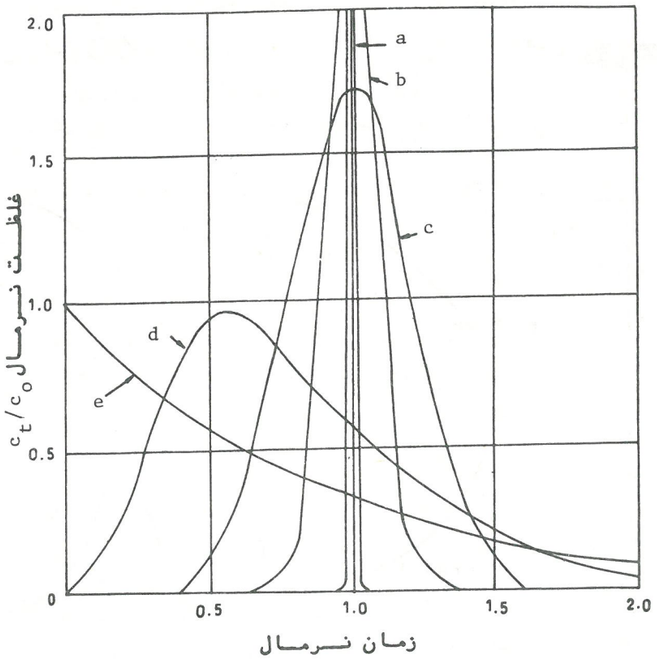
از لحاظ ویژگیهای هیدرولیکی معمولا" سه نوع رآکتور برای تصفیهٔ فاضلاب به روش لجن فعال بشرح زیر قابل استفاده میباشد.

- رآکتورنهرگونه (Plug flow reactor)
- رآکتور اختلاط کامل (Completely mixed reactor)
- راکتوراختیاری یا مابینی (Arbitrary flow reactor)

اختلاط اصلی سه نوع رآکتور فوق الذکر در چگونگی اختلاط فاضلاب ورودی با لجن موجود در رآکتور بر اساس مشخصات هیدرولیکی میباشد. شکل (۱)مشخصات هیدرولیکی این رآکتورها را نشان میدهد.

از نظر تعریف، رآکتور نهرگونه عبارت از رآکتوری است که جریان وارد شده به آن هنگام عبور با مواد داخل رآکتور که قبل یا بعد ازجریان قرار دارند، مخلوط نمیشود. بعبارت دیگر اختلاط جنبی در جهت عمود بر مسیر حرکت وجود دارد ولی هیچ نوع اختلاطی در جهت حرکت جریان وجودندارد. بنابراین مطابق منحنی شکل (۱) هنگامی که برای یک لحظه یک ماده ردیاب وارد سیستم شود زمانی که طول میکشد تا ماده ردیاب از رآکتور خارج شود دقیقا" مساوی‌زمان‌ماندهیدرولیکی(نسبت حجم رآکتور بشدت جریان ورودی) میباشد. دلیل این امر عدم اختلاط ماده ردیاب با مواد موجود در رآکتور است وآن ماده پس از ورود ، طول رآکتور را بتدریج طی میکندو برای یک لحظه از آن خارج میشود. اما طبق‌تعریف رآکتور اختلاط کامل رآکتوری است که بر عکس سیستم نهر گونه جریان ورودی به رآکتور دائما" با مواد موجود در آن در حال اختلاط کامل است وجریان خروجی دقیقا" ترکیبی یکسان با محتویات داخل رآکتور دارد. مطابق منحنی (b) شکل (۱) اگر برای یک لحظه مادهٔ ردیاب وارد این سیستم شود بلافاصله با کل لجن در داخل رآکتور مخلوط شده و بتدریج که از آن خارج میشود غلظت کاهش مییابد. در اینجا زمانی که طول میکشد تا ماده ردیاب از رآکتور خارج گردد بیش از زمان ماند هیدرولیکی است .

در عمل،ساختن سیستمهای ایده آل اختلاط کامل یا نهرگونه بسیار مشکل بوده و همواره درجه ای‌ازاختلاط که مابین شرایط ایده آل موجود در این‌دو سیستم است وجود خواهد داشت . سیستمهائی که در آن درجه ای



a ـ جریان نهر گونه : $\frac{D}{UL} = 0$

b ـ مقدار کوچك عدد پراکندگی $\frac{D}{UL} = 0.002$

c ـ مقدار متوسط عدد پراکندگی $\frac{D}{UL} = 0.02$

d ـ مقدار بزرگ عدد پراکندگی $\frac{D}{UL} = 0.2$

e ـ اختلاط کامل $\frac{D}{UL} = \infty$

شکل شماره ۲ ـ منحنی های "C" در محفظه های بسته برای درجات مختلف اختلاط طولی طبق پیش بینی توسط مدل پراکندگی

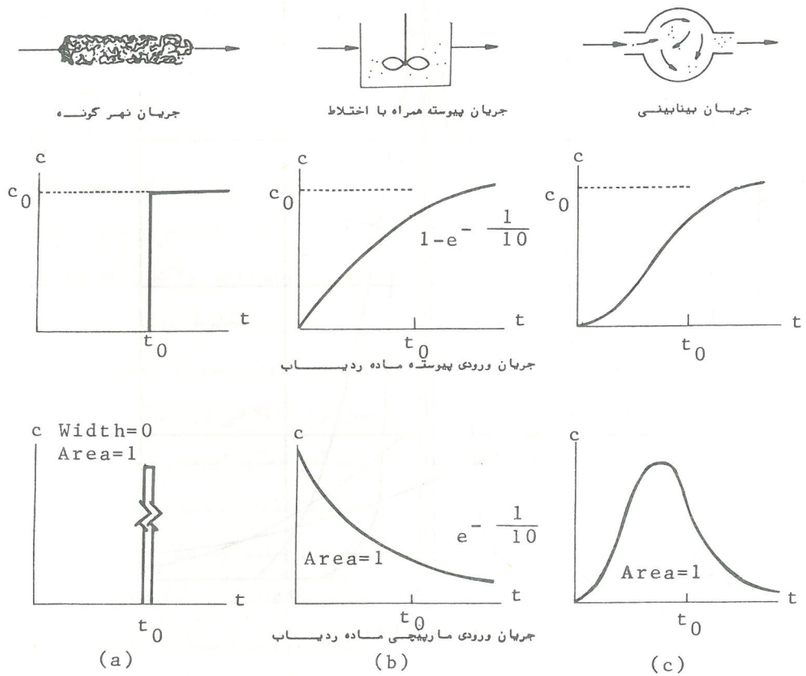
از اختلاط بین این دو سیستم وجود دارد رآکتور مابینی نامیده میشود. مطالعه این سیستم به روش ریاضی مشکل است و معمولا" مدلهای ریاضی برای یکی ازدو حالت ایده آل نهر گونه یا اختلاط کامل ساخته میشود . (۱)

۲ ـ مشخصات هیدرولیکی سیستمهای نهرگونه و اختلاط کامل

برای بیان مشخصات هیدرولیکی رآکتورهای فوق الذکر از لحاظ چگونگی اختلاط فاضلاب ورودی با لجن موجود در سیستم از ضریب بدون واحدی بنام عدد پراکندگی (Dispersion number) استفاده میشود. طبق تعریف این عدد (d)از فرمول زیر قابل محاسبه میباشد.

$$d = \frac{D}{UL}$$

D = ضریب پراکندگی بر حسب مترمربع بر ثانیه



شکل شماره (۱) : منحنیهای واکنشی برای بهم خوردگی های پله ای و ضربانی در راکتورهای جریان نهرگونه ، جریان پیوسته همراه با اختلاط و جریان بیناببینی

L = طول مؤثر مسیر حرکت جریان در رآکتور برحسب متر .

U = سرعت متوسط جریان در طول L بر حسب متر بر ثانیه

عدد پراکندگی در سیستم نهرگونه که درآن اختلاط انجام نمیشود بسمت صفر و برای سیستم اختلاط کامل که در آن حداکثر اختلاط اتفاق میافتد بسمت بی نهایت میل پیدا میکند. شکل شماره (۲) رابطهٔ بین نسبت غلظت خروجی ردیاب به غلظت اولیه‌آن (Ct/Co) و نسبت زمان خروج به زمان ماند هیدرولیکی (t/to) برای رآکتورهای مختلف که عدد پراکندگی آنها بین صفر تا بینهایت متغییر باشد را نشان میدهد (۲).

۳ـ مقایسه سیستم های اختلاط کامل و نهرگونه

در سیستم اختلاط کامل شرایط محیطی (درجه حرارت ، pH ، غلظت اکسیژن محلول)، غلظت ماده غذائی و غلظت لجن فعال در تمامی نقاط حوض هوادهی یکنواخت میباشد و پساب خروجی مشخصاتی نظیر مواد موجود در حوض هوادهی دارد. چون فاضلاب ورودی با کل لجن موجود در حوض هوادهی مخلوط میشود معمولا" غلظت مواد آلی پائین میباشد و طبق رابطه * " مونود " Monod وقتی که غلظت به K_s یاکمتراز آن تنزل پیدا کند سرعت انجام واکنش های بیوشیمیائی نسبت به حد ماکزیمم ، به میزان بسیار زیادی کاهش مییابد. بر عکس در سیستم نهرگونه شرایط محیطی بویژه غلظت مواد غذائی و مقدار اکسیژن در طول رآکتور دائما" در حال تغییراست. بعبارت دیگر در قسمت ابتدائی رآکتور که فاضلاب خام فقط با بخش کوچکی از لجن موجود در رآکتور مخلوط میشود، غلظت مواد آلی بیش از حد ضریب

اشباع (K_s) میباشد و طبق رابطهٔ " مونود " سرعت شکسته شدن مواد آلی بسیار زیاد است لذابه‌اکسیژن بیشتری نیاز است و در قسمت انتهائی رآکتور به علت پائین بودن غلظت مواد غذائی فعالیت میکروارگانیزمهابه حداقل رسیده و شرایط خود سوز (Endogenous respiration) بوجود میآید و نیاز به اکسیژن محلول به حداقل میرسد . مجموعه این تغییرات باعث میشود که سیستم نهرگونه از لحاظ بازده کاهش مواد آلی و مشخصات کلی بویژه خواص ته نشینی لجن بهتر از سیستم اختلاط کامل عمل کند (۳،۴،۵،۶،۷) . تئوری رآکتورهای شیمیائی نیز این مسئله را مورد تأئید قرار میدهد که در شرایط یکسان سرعت انجام واکنشهای شیمیائی در سیستم نهرگونه بیش از سیستم اختلاط کامل میباشد (۸). البته گزارش هائی نیز مبنی بر اینکه سرعت انجام واکنشهای بیولوژیکی در سیستم نهرگونه کمتر از سیستم اختلاط کامل میباشد وجود دارد.(۱۰، ۹). شاید علت این مسئله بالا بودن درصد میکروارگانیزمهای فعال در سیستم نهرگونه باشد(۱۱) تحقیقات انجام شده نشان میدهد که ترکیب میکربی لجن موجود در دو سیستم مورد بحث یکسان نیست و معمولا" در سیستم اختلاط کامل میکروارگانیزمهای‌رشته مانندکه باعث بروزپدیده "بالکینگ " (Bulking) میشود راحت تر از سیستم نهرگونه رشد میکنند (۱۲ ، ۱۱ ، ۴) البته این بدان معنی نیست‌که همواره در سیستم اختلاط کامل میکروارگانیزمهای رشته ای وجود داشته و حتما" مشکل‌بالکینگ پیش خواهد آمد بلکه فاکتورهای دیگری‌نظیر غلظت اکسیژن محلول ، نسبت غذا به میکروارگانیزم، عدم تعادل درترکیب مواد غذائی فاضلاب، سپتیك بودن فاضلاب ورودی ، بار مواد آلی ، عمر لجن ، مقدار لجن بازگشتی، غلظت و نوع مواد سمی و سایر عوامل محیطی در این رابطه نقش دارند و رژیم هیدرولیکی بعنوان یک فاکتور اثرگذار دیگر باید مورد توجه قرار گیرد. علت رشد میکروارگانیزم های رشته ای در سیستم اختلاط کامل این است که میکروارگانیزمهای رشته‌ای در مقایسه با میکروارگانیزمهای تشکیل دهنده لخته (floc) سطح بیشتری دارند لذا در این سیستم که نسبت F/M پائین است شانس بیشتری برای جذب مواد غذائی دارند و در نتیجه بتدریج بعنوان میکروارگانیزم غالب سیستم در میآیند و برعکس در ابتدای سیستم نهرگونه که نسبت F/M بالا است میکروارگانیزمهای سازنده لخته لجن (Floc formers) راحت تر میتوانند مواد غذائی را جذب کنند و از غالب‌شدن‌میکروارگانیزمهای رشته ای جلوگیری میکنند (۱۳ ، ۱۲ ، ۱۱ ، ۴) .

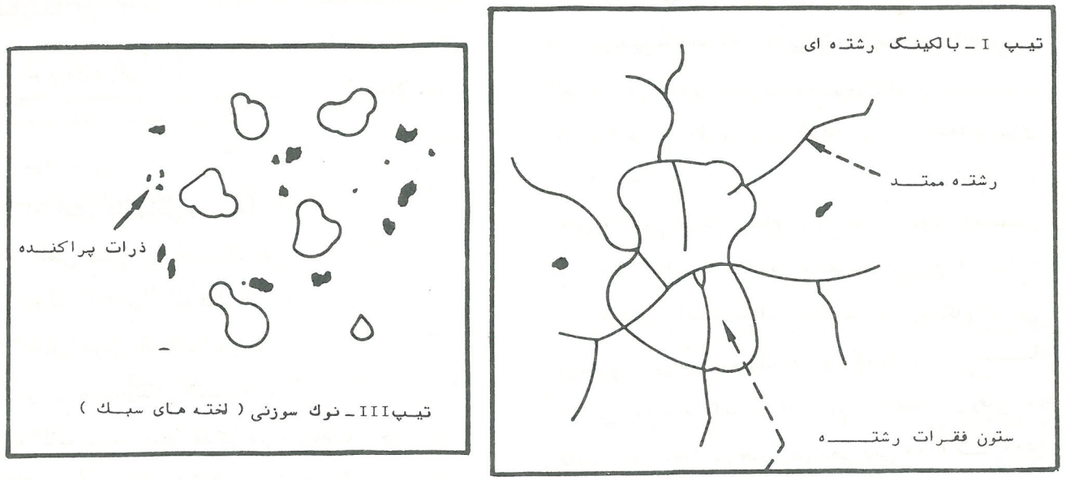
۴ـ بررسی پدیده " بالکینگ " و عوامل مؤثر بر آن

ته نشینی لجن در حوض ته نشینی ثانویه یکی از عوامل کلیدی در تصفیه فاضلاب به روش لجن فعال میباشد اگر ته نشینی خوب انجام نشود غلظت لجن بازگشتی به حوض هوادهی کاهش یافته و در نتیجه غلظت لجن فعال موجود در حوض هوادهی کاهش خواهد یافت و کار سیستم دچار اختلال خواهد شد. علاوه‌بر این عدم ته نشینی به موقع لجن در حوض ته نشینی ثانویه باعث‌بالا رفتن غلظت مواد معلق موجود درپساب میشود. عدم ته نشینی مناسب لجن ممکن است علل مختلفی داشته باشد. یکی از این علتها وجود اشکال برای تشکیل لخته میباشد که در این ارتباط میتوان از پدیده هائی نظیر لخته نوك سوزنی[۱] و عدم تشکیل لخته[۲] نام برد (۱۳،۱۴) . علت دیگر عدم ته نشینی لجن ، پائین بودن چگالی نسبی لجن میباشد که در اینصورت میتوان از پدیده هائی نظیر " بالکینگ " و " بالا آمدن لجن "[۳] نام برد (۱۶ ، ۱۵ ، ۱۴) پس در هنگام بررسی علل عدم ته نشینی بموقع لجن باید دقیقا" توجه شود که چه

عاملی بیشتر در بوجود آمدن مشکل مؤثر بوده است. بنابراین باید باشناسائی دقیق پدیده های فوق الذکر حتی المقدور از اشتباه کردن این پدیده ها با یکدیگر جلوگیری شود.

تشکیل لخته در ته نشینی لجن در حوض ته نشینی ثانویه نقش مهمی دارد. اگر چگالی یکسان باشد ذرات بزرگتر سریعتر ته نشین میشوند. سرعت ته نشینی سلولهای منفرد و یا لخته های کوچك کمتراز حدی است که از پساب جدا شوند. وقتی که تعداد ذرات ریز در حدی باشد که پساب کدر بنظر برسد معمولا" حالت Deflocculation وجود دارد، اما وقتی که لخته های درشت و قابل رویت تشکیل گردد ولی چگالی نسبی آنها نسبت به آب کمتر از حدی باشد که بموقع ته نشین شوند واز طریق ورود لخته ها به پساب مواد معلق فعال از سیستم خارج شود،این حالت را " لخته نوك سوزنی " میگویند.پدیده " بالکینگ " ممکن است علل مختلف داشته باشد ولی متداولترین نوع آن که معمولا" درتصفیه خانه های فاضلاب از نوع لجن فعال دیده میشود بعلت رشد بیش از اندازه میکروارگانیسمهای رشته ای میباشد. این پدیده را اصطلاحا" " بالکینگ رشته ای " (۱) میگویند اگر چه این پدیده ممکن است بعلت رشد غیر عادی چهار گروه از میکروارگانیزمهای رشته ای نظیر باکتریهای رشته ای، جلبکهای سبز آبی،قارچها و Actinumycete بوجود آید معمولا" عامل اصلی بوجود آورنده این پدیده رشد بیش از اندازه باکتریهای رشته ای میباشد (۱۴،۱۵).رشد بیش از اندازه این باکتریها باعث میشود که لخته سبك شده و فشردگی لازم برای ته نشینی بموقع لجن حاصل نشود. شکل شماره (۲) حالات مختلف پدیده های فوق الذکر را نشان میدهد. حالت " بالا آمدن لجن " در مواقع بالا آمدن مجدد لجن پس از ته نشینی در حوض ته نشینی ثانویه میباشد. علت اصلی این پدیده معمولا" وقوع پدیده دی نیتریفیکاسیون در شرایط غیر هوازی موجود در حوض ته نشینی ثانویه و آزاد شدن گاز ازت میباشد. گاز ازت بعلت چگالی بسیار کمی که نسبت به آب دارد به اطراف لخته های ته نشین شده می چسبد و آنها را بالامیآورد. ازآنجائی که لازمه وقوع پدیده دی نیتریفیکاسیون وجودنیتریت یا نیترات درفاضلاب میباشد تصفیه خانه هائی که نیتریفیکاسیون درآنها وجود ندارد نباید با این مشکل مواجه باشند.

نکته مهم این است که پدیده " نوك سوزنی " و " بالکینگ " معمولا" بطور همزمان اتفاق نمیافتد در حالیکه پدیدهٔ " عدم تشکیل لخته " ممکن است با بالکینگ همراه باشد (۱۴). تاکنون متجاوز از ۴۰ نوع باکتری رشته ای که در بوجود آوردن بالکینگ نقش دارد شناخته شده است. عوامل محیطی نظیرpH، نسبت غذا به میکروارگانیزم، درجه حرارت ، عمرلجن و اکسیژن محلول روی نحوهٔ رشد این باکتریها تأثیر دارد (جدول شماره ۱) ولی وقتی که برای کنترل یك نوع از این باکتریها یك یا چند عامل محیطی تغییر داده شود ممکن است این تغییر شرایط را برای رشد بیش از اندازه نوع دیگر فراهم سازد. بعبارت دیگر گرچه اطلاعات زیادی در زمینه شناخت حساسیت باکتریهای مختلف رشته ای درمقابل نوسانات عوامل محیطی وجود دارد ولی این اطلاعات تاکنون نتوانسته است نقش مهمی درکنترل پدیدهٔ " بالکینگ " ایفاء نماید و در واقع تغییر شرایط محیطی احتمالا" باعث تغییر نوع باکتری رشته ای غالب میشود و مشکل عدم ته نشینی سریع لجن به قوت خود باقی میماند . بنابراین باید با شناسائی مجموعه عوامل و شرایط مؤثر بر این پدیده آن دسته از عواملی که در عمل قابل کنترل بوده و شرایط را برای رشد این نوع باکتریها مناسب مینماید شناسائی کرد. عوامل مؤثر بر این پدیده



شکل شماره (۲) : تیپ های مختلف لجن فعال

شرایط	انواع باکتری رشته ای
F/M باشین	M.Parvicella, Nocardia Sp., H.hydrossis, 0041, 0675, 0092, 0581, 0961, 0803
اکسیژن محلول باشین	1701, S.natans, 021N,. Thiothrix Sp.
وجود سولفیدها	Thiothrix Sp., Beggiatoa Sp., 021N
PH باشین	Fungi
کمبود فقر یا ازت	Thiothrix Sp., 021N

جدول شماره ۱ ـ رابطه شرایط راکتور و باکتری رشته ای غالب آن

عبارتند از (۱۳):

- نوع ماده آلی.
- عدم تعادل درمواد غذائی.
- مواد سمی.
- افزایش ناگهانی بار مواد آلی.
- کاهش بیش از حد مواد آلی.
- غلظت اکسیژن محلول.
- عفونی بودن فاضلاب ورودی.
- رژیم هیدرولیکی حوض هوادهی

گرچه کلیه عوامل فوق الذکر در هنگام طراحی وبهره برداری از سیستم های تصفیه فاضلاب باید مورد توجه باشد و شرایط را به گونه ای انتخاب کرد که از غالب شدن باکتریهای رشته ای در سیستم جلوگیری شود ولی عامل آخر که در واقع انتخاب رژیم مناسب هیدرولیکی میباشد بیش از سایر عوامل بایددرهنگام طراحی و ساخت سیستمهای‌تصفیه فاضلاب موردتوجه قرار گیرد. در این گزارش که اساسا" بمنظور اثر رژیم هیدرولیکی برخواص ته نشینی لجن تنظیم شده است سعی خواهد شد که اثر این عامل بطور کامل مورد بررسی قرار گیرد.

۵ ـ اثر رژیم هیدرولیکی برپدیده بالکینگ رشته ای

یکی از علل اصلی عدم ته نشینی بموقع لجن در اکثر تصفیه خانه های فاضلاب رشد بیش از اندازه میکروارگانیزمهای رشته مانند میباشد . خارج شدن این میکروارگانیزمها از لخته های لجن (شکل شماره ۳) باعث میشود که با ایجاد یك حالت چتر مانند در اطراف لخته های لجن علاوه بر کاهش چگالی از تراکم بیشتر لخته ها جلوگیری شود. این امر سبب میشود که ته نشینی کندتر از حد پیش بینی شده در طراحی حوض ته نشینی ثانویه انجام شود . شاخصی که معمولا" برای نشان دادن میزان ته نشینی لجن مورد استفاده قرار میگیرد SVI" شاخص حجمی لجن[۱]" است و آن عبارت از حجمی است که یك گرم لجن پس از نیم ساعت ته نشینی اشغال میکند. البته این فاکتور خیلی دقیق نیست زیرا عوامل نظیر غلظت لجن ، شکل و جنس ظرف مورد استفاده برای انجام آزمایش برآن اثر میگذارد. لذا در سالهای اخیر فاکتور دیگری بنام SSVI" شاخص‌حجمی لجن هم زده "[۲] استفاده شده که تعریف تئوری آن با SVI یکسان است با این تفاوت که درهنگام این آزمایش لجن بوسیله یك همزن که با سرعت یك دوردر دقیقه حرکت میکند بهم زده میشود. وقتی که غلظت لجن فعال درحوض هوادهی بین ۲۰۰۰ تا ۳۵۰۰ میلیگرم در لیتر باشد اگر مقدارSVI بین ۸۰ تا ۱۵۰ میلی لیتر برگرم باشد نشان میدهد که ته نشینی لجن خوب است ولی وقتی که SVIبیش از ۱۵۰ میلی لیتر برگرم باشد نشان دهندهٔ ته نشینی نامناسب لجن است ومعمولا" وقتی که SVIبیش از ۲۰۰ میلی لیتر بر گرم باشد بایدانتظار داشت که پدیده " بالکینگ " در تصفیه خانه وجود دارد(۱۸ ، ۱۷ ، ۷) لازم به تذکر است که بهم زدن لجن با سرعت کم در آزمایش SSVIباعث ته نشینی سریعتر لجن میشود و بهمین دلیل است که معمولا" مقادیرSSVIبین ۵۵ تا ۷۰ درصد مقادیر SVI میباشد (۱۸).

تحقیقات انجام شده توسط پژوهشگران مختلف طی چند دهه اخیر نشان میدهد که معمولا" لجن تولید شده در راکتورهائی که رژیم هیدرولیکی نهرگونه دارند سریعتر ته نشین میشودوSVI اندازه گیری شده در این راکتورها معمولا" کوچکتر ازSVI مربوط به راکتورهای اختلاط کامل میباشد (۲،۳،۱۸،۱۹) .

همچنین،با بررسی این تحقیقات میتوان نتیجه ـ گیری کرد که مشکل بالکینگ رشته ای در راکتورهائی که رژیم هیدرولیکی نهرگونه دارند خیلی کمتر دیده شده است (۱۹،۱۸،۱۲،۱۱،۷، ۴، ۳، ۲) اینك بمنظور نشان دادن‌دقیقتر تفاوت دو سیستم نهرگونه و اختلاط کامل از لحاظ ته نشینی لجن و وقوع پدیده بالکینگ رشته ای خلاصه نتایج حاصل از نمونه تحقیقاتی که توسط محققین صاحب نام و مؤسسات معتبر درکشورهای مختلف انجام شده است دراینجا ذکر میشود.

۵ ـ ۱ ـ در سال ۱۹۶۴ در آزمایشگاه تحقیقات آلودگی آب کشور انگلیس برای نشان دادن اثر رژیم هیدرولیکی بر خواص ته نشینی لجن سه سیستم لجن فعال آزمایشگاهی که دارای شرایط یکسان بوده و فقط رژیم هیدرولیکی آب متفاوت بود مورد بررسی قرار گرفت . این تحقیقات نشان داد که لجن تولید شده در سیستمی که حوض هوادهی آن از ۱۶ قسمت تشکیل شده بود خیلی بهتر از لجن تولید شده در سیستمی که حوض هوادهی آن یك قسمتی بود ته نشین میشد.

همچنین نشان داده شد که لجن تولید شده درسیستم پرو تخلیه (Fill and draw)بهتر ازلجن تولیدشده‌در دو سیستم فوق الذکر ته نشین میشود.بعبارت دیگر نتیجه این تحقیقات بیانگر این واقعیت بود که هر چه رژیم هیدرولیکی به حالت نهرگونه ایده آل نزدیکتر شود ته نشینی لجن راحت تر انجام میشود نکته ای که در اینجا لازم است تذکر داده شود این است که چون در سیستم پرو تخلیه غلظت اولیه مواد غذائی بالا است و با گذشت زمان و مصرف تدریجی مواد غذائی توسط میکروارگانیزمها غلظت مواد غذائی بتدریج کاهش مییابد این سیستم درواقع یك سیستم نهرگونه ایده آل میباشد.

۵ ـ ۲ ـ در سال ۱۹۶۹ برای تحقیق بیشتر در این زمینه در آزمایشگاه مذکور آزمایشهای مشابهی انجام شد دراین آزمایشها شش سیستم لجن فعال آزمایشگاهی که شرایط یکسان داشتند ولی حوض هوادهی آنها ازیك تا چهار قسمت بود مورد مطالعه قرار گرفت . جدول شماره ۲ شرایط موجود در این سیستمها و نتایج بدست آمده را نشان میدهد. ارقام این جدول نیز گویای این واقعیت است که افزایش تعداد قسمتهای حوض هوادهی (تغییر رژیم هیدرولیکی بسمت نهرگونه) باعث کاهش SVI (سریع تر شدن ته نشینی لجن) میشود.

۵ ـ ۳ ـ " چودوبا " Chudoba وهمکارانش جزء نخستین محققینی بودند که تلاش کردند تا رابطه بین خواص ته نشینی لجن و رژیم هیدرولیکی‌حوض هوادهی را پیدا کنند. آنها برای خواص ته نشینی لجن از شاخص SVI و برای هیدرولیکی از عدد پراکندگی استفاده کردند. شکل شماره ۴ نتیجه آزمایشات آنها را نشان میدهد. این شکل نشانگر این مطلب است که کاهش عدد پراکندگی درحوض هوادهی (سوق دادن رژیم هیدرولیکی بسمت نهرگونه) باعث بهتر شدن ته نشینی لجن (کاهش SVI)میشود.

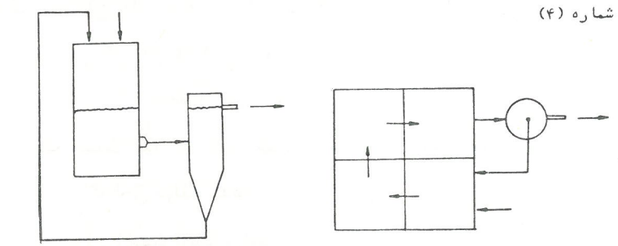
۵ ـ ۴ ـ " چودوبا "Chudoba و همکارانش در تلاش بعدی خود ثابت کردند که قابلیت ته نشینی لجن را میتوان با ایجاد یك انتخابگر(Selector) در حوض هوادهی بهتر کرد. طبق تعریف انتخابگر عبارت از ناحیه ای از حوض هوادهی است که در آن تغییرات غلظت مواد غذائی بصورت تدریجی انجام میشود و شرایط بسمت نهرگونه سوق پیدا میکند و میکروارگانیزمهای سازنده لخته لجن راحت تر میتوانند فعالیت داشته باشند. آنها فاضلاب ورودی و لجن برگشتی را بجای اینکه مستقیما" وارد حوض هوادهی کنند وارد محفظه های کوچکی میکردند تا غلظت مواد غذائی ابتدا زیاد و بتدریج کم شود و سپس وارد حوض هوادهی شود.(شکل ۵) آنها نشان داده اند که وجود انتخابگر باعث میشود مقدار SVI همواره کمتر از ۱۰۰ میلی لیتر بر گرم باقی بماند ولی اگرانتخابگر نباشد مقدار SVI بسته به نوع فاضلاب ورودی بین ۱۳۰ تا ۱۰۰۰ میلی لیتر برگرم نوسان داشته باشد.

این گروه در تحقیقات بعدی خود نشان دادند که

جدول شماره ۳ ـ اثر رژیم هیدرولیکی (تعداد راکتورهای متصل شده بهم) برخواص لجن موجود در راکتور

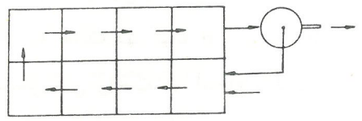
شماره سیستم	۱	۲	۳	۴	۵	۶
تعداد راکتورهای متصل شده بهم	۱	۱	۲	۲	۴	۴
زمان ماند هیدرولیکی (ساعت)	۶	۱۲	۶	۱۲	۶	۱۲
غلظت مواد معلق داخل راکتور (mg/L)	۵۲۰۰ ـ ۵۴۰۰	۳۵۰۰ ـ ۴۱۰۰	۵۲۰۰ ـ ۵۴۰۰	۳۵۰۰ ـ ۴۱۰۰	۵۲۰۰ ـ ۵۴۰۰	۳۵۰۰ ـ ۴۱۰۰
شاخص حجم لجن (SVI) gr/mL	۴۶ ـ ۱۶۲	۵ ـ ۲۰۳	۴۴ ـ ۱۲۹	۵۵ ـ ۱۲۵	۴۲ ـ ۷۳	۴۹ ـ ۷۵

شکل شماره (۴)

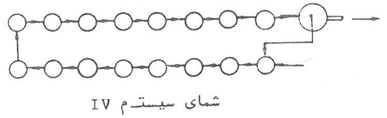


شمای سیستم I

شمای سیستم II



شمای سیستم III



شمای سیستم IV

مقادیر متوسط پارامترهای راهبری سیستم های مختلف ومشخصات لجن

پارامترها	واحدها	سیستم I D/UL =۰.۰۵	II D/UL=1.06	III D/UL=0.17	IV D/UL =0.033
- مدت آزمایش	روز	70	30	80	70
متوسط های یک دوره	روز	35-65	20-30	47-77	35-65
- حجم کل مخلوط هوادهی شده	l	4	4	4	4
- زمان ماند	ساعت	8	8	8	8
- نسبت برگشت	-	1-3	0.8-1.2	0.8-1.2	0.8-1.2
- بار	kg BOD5$m^{-3}day^{-1}$	0.84	0.84	0.84	0.84
- MLSS	gl^{-1}	1.9	3.28	2.94	3.1
- MLVSS	%	92.6	91.5	91.4	93.2
- سن لجن	day	3.0	4.8	4.7	4.5
- SV,1	ml g^{-1}	517	300	91	51
- سی. او. دی لجن	g g^{-1} VSS	1.40	1.25	1.43	1.42
- بی. او. دی لجن	g g^{-1}VSS	0.62	-	0.70	0.59
- درجه اکسیژن گیری ازخروجی هوادهی	mg(gVSS.h)$^{-1}$	14.0	9.4	13.9	16.2
- مقدار N در MLVSS	%	10.1	13.9	13.0	10.0

وجود انتخابگر میتواند باعث کنترل بالکینـــــگ رشته ای شود و علت آنهم این است که در انتخابگر غلظت مواد غذائی زیاد است ، بتدریج کاهش یافته ، طبق فرضیه ای که قبلا" بحث شد باکتریهای لخته ســـاز تمام مواد آلی یا بخش اعظم آنرا مصرف میکنند ، در نتیجه از رشد غیر عادی باکتریهای رشته مانـــــد جلوگیری میشود .

۵ ـ ۵ ـ بررسی تعداد زیادی از تصفیه خانه هـــــای فاضلاب در کشور انگلستان توسط مرکز تحقیقات آب (WRC) آن کشور نشان میدهد که سیستم نهرگونـــه معمولا" کمتر از سیستم اختلاط کامل با مشکـــــل " بالکینگ " مواجه میشود . در این گزارش استفاده از سیستم نهرگونه بعنوان یك راه حل عملی بـــرای کنترل " بالکینگ " معرفی شده است .

۵ ـ ۶ ـ بررسیهای انجام شده در راکتورهای آزمایشگاهی لجن فعال نشان داده است که تغییر رژیم هیدرولیکی از سیستم اختلاط کامل به سیستم نهرگونه باعث بهتر شدن خواص ته نشینی لجن میشود .

۵ ـ ۷ ـ وقتی که بار BOD_5 وارد شده به سیستم لجـــن فعال معادل یك کیلو گرم به متر مکعب در روز باشد اگر حوض هوادهی به چهار قسمت مساوی تقسیم شـــود و رژیم هیدرولیکی از حالت اختلاط کامل بحالـــــت نهرگونه نزدیك گردد خواص ته نشینی لجن بمراتـــب بهتر خواهد شد (۲۵). البته این تحقیق نشـــان داده است کـــــه تغییر باعث جلوگیری از وقوع پدیـــده " بالکینگ " نمیشود .

همچنین در این تحقیق نشان داده شده است کـــه قطع هوادهی در بخش اول حوض هوادهی چهار قسمتـــی باعث بهتر شدن خواص ته نشینی لجن ودر برخـــــی از موارد کنترل " بالکینگ " میشود . علاوه بر ایـــن، تحقیق مذکور نشان داده است که عمل جداسازی آب از لجن تولید شده در سیستم نهرگونه آسان تـــــر از لجن سیستم اختلاط کامل انجام پذیـــر است . در ایـــن تحقیق نشان داده شده است کـــــه تغییـــــر رژیـــم هیدرولیکی از حالت اختلاط کامل بصورت نهرگونـــه باعث بالا رفتن غلظت لجن فعال حوض هوادهی(MLSS) میشود و در نتیجه بازده کارسیستم بالا رفته ومیتوان حجم حوض هوادهی را کاهش داد .

۵ ـ ۸ ـ " کریوس " Kriussو " رودیر "Rudier نیز با تحقیقات خود نشان داده اند که تغییـــر رژیـــم هیدرولیکی از حالت اختلاط کامل بصورت نهرگونـــه باعث بهتر شدن شرایط ته نشینی لجن میشود(۲۶).

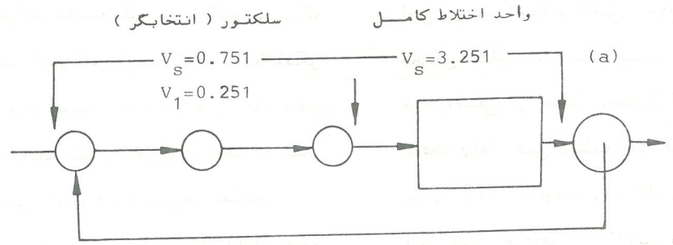
۵ ـ ۹ ـ در رابطه با استفاده از انتخابگردرسیستمهای تصفیه فاضلاب تحقیقات زیادی انجام شده است و بسیاری از این تحقیقات حاکی از آن اســـت کـــه استفاده از انتخابگر وضعیت ته نشینی لجن را بـــه میزان قابل توجهی بهتر میکند(۱۲،۲۷،۲۸) . مثـــلا" مشخص شده است که اگر عمر لجن پائین باشد(۲ الی ۴ روز) استفاده از انتخابگرمیتواندتاثیر بیشتـــری بر بهبود خواص ته نشینی لجن داشته باشد(۲۷). این مسئله درشکل شماره ۶ بخوبی نشان داده شده اســـت شکل مذکور همچنین نشان میدهد که تغییر سیستـــم اختلاط کامل به سیستم نهرگونه(کاهش عددپراکندگی) تاچه حد در بهبود خواص ته نشینی لجن تأثیـــر دارد .

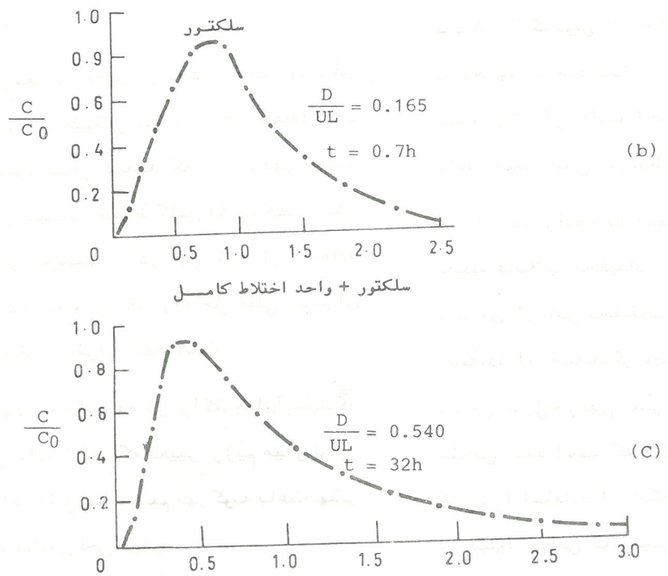
نکات مهمی که هنگام استفاده ازانتخابگـــر بایـــد مورد توجه قرار گیرد عبارتند از :

الف : نسبت F/M در این بخش بایدزیادباشد (بیش از ۵ کیلوگرم COD به ازاء هر کیلـــوگـــرم MLVSSدر روز)

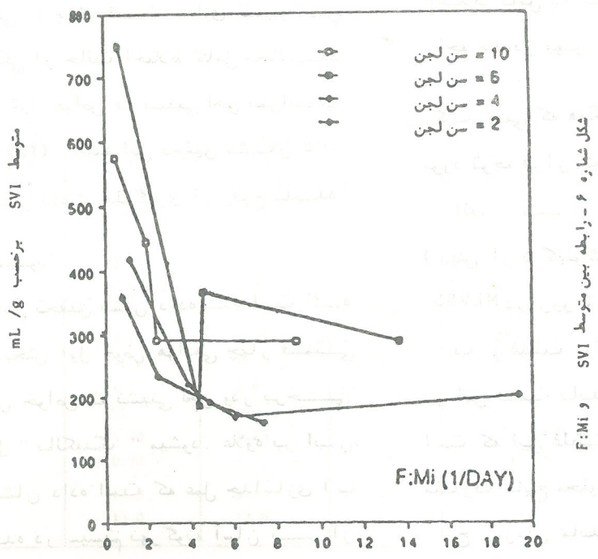
ب : غلظت مواد جامد معلق مایع مخلوط(MLSS) در این قسمت باید زیاد باشد بطوریکه توصیه شـــده است که این غلظت باید سه تا چهار برابر غلظـــت متعارف مایع مخلوط حوض هوادهی باشد .

ج : زمان ماند هیدرولیکی در این بخش ممکـــن





شکل شماره (۵) : (a) : شمای سیستم S_3. (b): مشخصه های هیدرولیکی سلکتور(C) : کل سیستم



شکل شماره ۶ - رابطه بین متوسط SVI و F:Mi

است بین چند دقیقه تا چند ساعت باشد و هر چه زمان ماند افزایش داده شود شانس موفقیت سیستم بیشتر است .

۵ - ۱۰ - یکی از راههای دیگری که میتوان به کمك آن الگوی تغذیه سیستم را بسمت نهرگونه سوق داد استفاده از عاملی بنام بارلخته ای (Floc loading) میباشد.

طبق تعریف این فاکتور از فرمول زیر قابل محاسبه میباشد (۲۹) :

= بار لخته ای

مقدار موادآلی وارد شده به حوض هوادهی درواحد زمان
مقدار لجن بازگشتی به حوض هوادهی در واحد زمان

باحذف واحد زمان از صورت و مخرج کسر بالا فاکتور مذکور برحسب میلیگرم BOD (یا COD) ورودی به گرم مواد معلق لجن بازگشتی بیان میگردد mg COD (BOD)/g MLSS نتایج تحقیقات انجام شده نشان میدهد که برای جلوگیری از بروز پدیده بالکینگ باید مقدار بار لخته ای بالا باشد(۱۸) . در شکل شماره ۷ رابطه بین بار لخته ای و SVI نشان داده شده است . مطابق این شکل وقتی که مقدار بار لخته ای از حد ۳۰ میلیگرم COD به ازاء هرگرم مواد معلق لجن بازگشتی افزایش یابد از مقدار SVI به تدریج کاسته میشود و برای اینکه به حداقل برسد باید مقدار بار لخته ای از حد ۱۰۰ میلیگرم COD به ازاء هر گرم مواد معلق لجن بازگشتی بیشتر باشد. در عمل مقدار بار لخته ای را به دو صورت میتوان افزایش داد:

الف : استفاده از سیستم نهرگونه یا اختلاط کامل همراه با انتخابگر یا هر طریق دیگری که غلظت مواد آلی ورودی را پس از اختلاط با لجن بازگشتی برای مدتی بالا نگاه دارد.

ب : غذا دهی متناوب به حوض هوادهی،یعنی غذا با غلظت زیاد و در یك فاصله زمانی کوتاه واردشود سپس برای مدتی ورود مواد غذائی قطع شود تا تصفیه انجام پذیرد و این سیکل تکرار گردد.

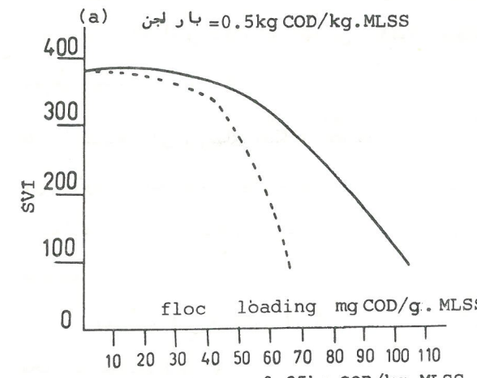
در شهر هالیفکس (Halifax) در کشور انگلستان برای حل مشکل بالکینگ که طی سالها ۱۹۷۴ تا ۱۹۸۰ از ۱۰ درصد به ۵۰ درصد افزایش یافته بود با استفاده از روش اول مقدار بار لخته ای را افزایش دادند(۱۸)

۱۵ - ۱۱ - در پایان این بررسی ، نتیجه آخرین تحقیقات انجام شده در این زمینه که در سمپوزیوم بین المللی تصفیه فاضلاب تحت عنوان " فرآیند بیولوژیکی تصفیه فاضلاب : وضع موجود و نمای آینده " که از تاریخ ۲۳ الی ۲۵ مهر ماه سال ۱۳۶۹ در کشور ایتالیا برگزار شده است به اختصار بیان میشود:

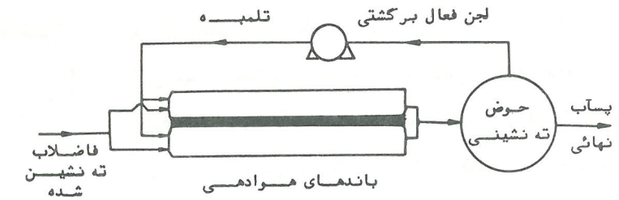
الف : تحقیقات انجام شده توسط " ایکل بوم " Eikleboom نشان میدهد که یکی از مؤثرترین راههای کنترل بالکینگ ، بالا نگه داشتن غلظت ماده غذائی (BOD) در محل اختلاط لجن بازگشتی و فاضلاب ورودی میباشد.همچنین،ایجاد شرایط کاملا" بی هوازی در این مقطع ، یکی از روشهای مؤثر در کنترل بالکینگ میباشد (۳۰).

ب : حاصل تحقیقات ده ساله " پودال "Pudol در مؤسسه CEMAGREF کشور فرانسه حاکی از آن است که بالکینگ یکی از مسائل پیچیده و عمده تصفیه فاضلاب درآن کشور میباشد و متجاوز از ۲۵ درصد تصفیه خانه ها با آن مواجه هستند. این تحقیقات نشان میدهد که گونه های مختلفی از بالکینگ وجود دارد و برای هر مورد باید اقدامی ویژه و مناسب چاره اندیشی شود . بطور کلی میتوان گفت که برای کنترل بالکینگ دو راه حل وجود دارد:

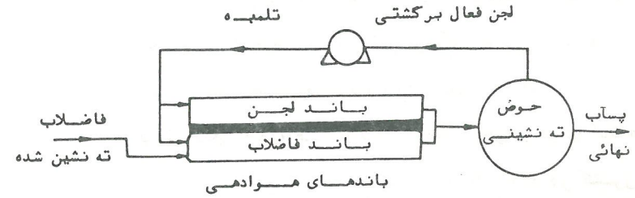
- پیشگیری از طریق انتخاب مناسب شرایط



شکل شماره(۷): تأثیر بار لخته ای روی SVI

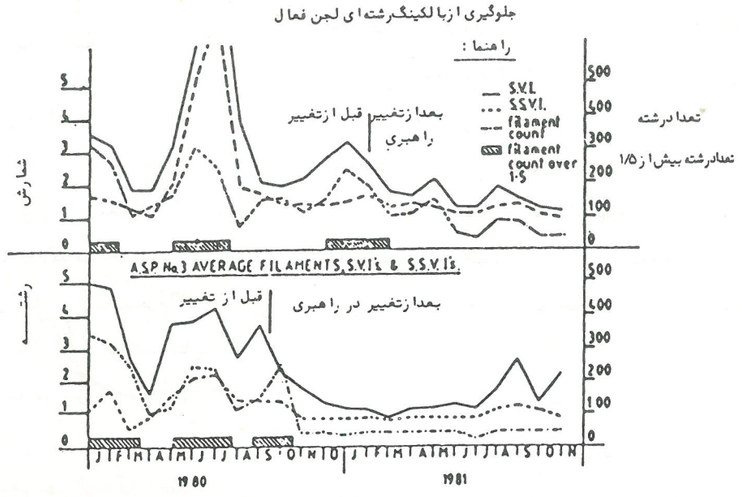


قبل از راهبری متعارف



بعد از اصلاح " جونز "

شکل شماره (۸) : نمایش شماتیک تغییر راهبری سیستم



شکل ۹- متوسط رشته ها، (No 1ASP, No 2ASP_ SSVI , SVI

اختلاط لجن و فاضلاب ورودی ، انتخاب مناسب رژیم هیدرولیکی و شرایط هوادهی ، و درمان ازطریق کلر زنی ، تغییر شرایط محیطی، و . . .

ـ کنترل بالکینگ ازطریق برنامه ریزی بشرح زیر :

تشخیص دقیق و صحیح مسئله و کنترل مرتب لجن برای تعیین نوع باکتری رشته مانند بوجود آورنده بالکینگ

بررسی گسترده برای مشخص نمودن عوامل غالب شدن این نوع باکتری در سیستم انجام شده است . در این ارتباط باید اهمیت زیادی به میزان و چگونگی جذب مواد غذائی توسط میکروارگانیزمها (اعم از رشته ای و لخته لجن ساز) داده شود.

بالاخره براساس بررسیهای فوق الذکر جدولی تنظیم شود که رابطه بین گونه های مختلف باکتری رشته مانند و شرایط موجود در تصفیه خانه را مشخص نماید تا بتوان از آن بعنوان یك وسیله کنترل کننده بالکینگ استفاده کرد (۳۱).

ج : تحقیقات انجام شده توسط " روستی " Rossetti و " کاسی "Cassey نشان میدهد که در سیستم اختلاط کامل تغییر حالت هوادهی دائم به هوادهی متناوب (۸ ساعت هوادهی در مقابل ۱۶ ساعت عدم هوادهی) میتواند رشد باکتری های رشته ای خاص شرایط عمر لجنهای زیاد (نسبت F/M پائین) مخصوصا" گونه های۰۰۹۲ ، ۰۰۸۳ و Microthrix را تحت کنترل قرار داده و مشکل بالکینگ را بطور کامل برطرف نماید (۳۲).

د : اثر بالکینگ در طراحی حوض ته نشینی ثانویه توسط " کارپوزکو "Karpuzcu و " آکا " Akca بررسی شده است . این تحقیق نشان داده است که رابطه معینی بین بالکینگ ، غلظت اکسیژن محلول و عمر لجن حوض هوادهی وجود دارد وقتی که عمر لجن پائین است باید غلظت اکسیژن در حوض هوادهی بالا باشد تا بالکینگ رخ ندهد و برعکس وقتی که عمر لجن بالا باشد باید غلظت اکسیژن محلول کم باشد تا احتمال وقوع بالکینگ کم شود.

در این تحقیق از شاخص SVI بعنوان آسانترین وسیله تعیین خواص ته نشینی لجن استفاده شده و با تعیین رابطه بین این شاخص و Solids flux مدل جدیدی برای طراحی حوض ته نشینی ثانویه پیشنهاد گردیده که میتوان با استفاده ازآن حوض ته نشینی را متناسب با مقدار SVI طراحی نمود. (۳۳).

ه : در تحقیق انجام شده توسط " داولی "Davoli و " مادونی " Madoni اثر ایجاد شرایط بی هوازی در بخشی از حوض هوادهی برای کنترل بالکینگ بررسی شده است . این پژوهش نشان میدهد که اختلاط لجن بازگشتی با فاضلاب ورودی در شرایط بیهوازی باعث کاهش قابل توجه در رشد باکتریهای رشته مانند (بویژه گونه های 021N و Thiothrix میشود.همچنین مشخص شده است که اختلاط لجن بازگشتی با فاضلابی که از حوض ته نشینی اولیه عبور داده نشده است در شرایط بی هوازی اثر بیشتری بر جلوگیری از رشد باکتریهای رشته مانند داشته است (۳۴) .

در اینجا لازم به تذکر است که تحقیقات دیگر آزمایشگاهی در زمینه مقایسه سیستمهای نهرگونه و اختلاط کامل برای تصفیه فاضلاب در مناطق گرمسیری (۲۵ درجه سانتیگراد) نشان میدهد که طی ۳ سال راهبری دو سیستم مذکور در شرایط آزمایشگاهی در سیستم نهرگونه هیچگاه مشکل عدم ته نشینی لجن به علت بروز پدیده بالکینگ مشاهده نشده و این در حالی است که سیستم اختلاط کامل بطور متناوب با این مشکل مواجه بوده است . در این تحقیق بالکینگ ازگلرزنی مهار شده ولی پس از مدتی مجددا" ظاهر شده است . شرح کامل این بررسی ها در مرجع شماره"۲۶" بزبان انگلیسی وجود دارد و خلاصه فارسی

این تحقیقات بصورت مقاله جداگانه ای منتشرخواهد شد.

۶ ـ نتیجه گیری و پیشنهادها :

نتایج حاصل از مجموعهٔ بررسیهای انجام شده برای تنظیم این گزارش بشرح زیر خلاصه میشود :

۶ ـ ۱ ـ معمولا" ته نشینی لجن تولید شده در سیستم نهرگونه بمراتب بهتر از سیستم اختلاط کامل میباشد، بنابراین در شرایط یکسان بازده کار حوض ته نشینی ثانویه این سیستم بیش از سیستم اختلاط کامل خواهد بود.

۶ ـ ۲ ـ متغییر بودن شرایط محیطی (بویژه نسبت F/M و غلظت اکسیژن محلول) در بخشهای مختلف سیستم نهرگونه میتواند شرایط را برای رشدغیرعادی گونه های زیادی از باکتریهای رشته ای نامناسب نماید. لذا این سیستم ممکن است پدیده بالکینگ ناشی از رشد این نوع باکتریها را بطور کامل یا نسبی تحت کنترل قرار دهد.

۶ ـ ۳ ـ نظر باینکه نسبت F/M در بخشهای اولیه سیستم نهرگونه نسبتا" بالا میباشد ومیکروارگانیزمهای موجود در این بخش نسبتا" فعالتر هستند ومقدار لجن تولید شده در این سیستم در شرایط یکسان درمقایسه با سیستم اختلاط کامل معمولا" بیشتر میباشد میتوان نتیجه گیری کردکه بازده کار حوض هوادهی سیستم نهرگونه بیش از سیستم اختلاط کامل است ، لذا میتوان حجم حوض هوادهی راتاحدودی کاهش داد. این مسئله از لحاظ سرمایه گذاری اولیهٔ ساخت این حوض، تجهیزات مربوطه، هزینه های راهبری و بهره برداری قابل توجه بوده و میتواند بعنوان یك مزیت سیستم نهرگونه مطرح باشد.

۶ ـ ۴ ـ تعبیه Selector (انتخابگرمیکروارگانیزم) در بخش ابتدائی حوض هوادهی (در محل اختلاط لجن بازگشتی با فاضلاب ورودی) سیستم اختلاط کامل میتواند خواص ته نشینی لجن را بهبود بخشد. این تغییر همچنین ممکن است از رشد غیر عادی بعضی از گونه های باکتریهای رشته ای جلوگیری نموده و مشکل بالکینگ را تحت کنترل قرار دهد.

۶ ـ ۵ ـ ایجاد شرایط بی هوازی در قسمتی از حوض هوادهی و یا بطور موقت در کل حوض هوادهی باعث ته نشینی بهتر لجن میشود اگر این شرایط در محل اختلاط فاضلاب خام با لجن بازگشتی وجود داشته باشد مؤثرتر خواهد بود. نکته مهم در این ارتباط این است که قطع هوادهی در بخش یا بخشهائی از حوض هوادهی علاوه بر تأثیر مثبت بر ته نشینی لجن در حوض ته نشینی ثانویه از نقطه نظر اقتصادی (صرفه جوئی در سرمایه گذاری اولیه و هزینه های راهبری) نیز حائز اهمیت است .

۶ ـ ۶ ـ علاوه بر رژیم هیدرولیکی عوامل دیگری نظیر مقدار اکسیژن محلول نسبت غذا به میکروارگانیزم نوع و ترکیب مواد موجود در فاضلاب ، عمر لجن، مواد سمی، تغییرات ناگهانی بار مواد ورودی، pH وبسیاری از فاکتورهای مشابه میتوانند در پیدایش و رفع پدیده بالکینگ مؤثر باشد بنابراین طراحی حوض هوادهی بصورت نهرگونه نمیتواند بطورقطعی ازوقوع پدیده بالکینگ جلوگیری نماید. علاوه بر این عوامل دیگری نظیر بالا آمدن (Sludge rising) عدم تشکیل لخته (Deflocculation) و یا تشکیل لخته های سبك (Pin point) ممکن است باعث بالارفتن غلظت مواد معلق و BOD پساب گردد که تغییر رژیم هیدرولیکی بر این عوامل اثر چندانی ندارد.

۶ ـ ۷ ـ گرچه سیستم نهرگونه از لحاظ بهبود شرایط ته نشینی لجن و کنترل بالکینگ به سیستم اختلاط کامل برتری دارد ولی از لحاظ تحمل نوسانات ناگهانی در مواد ورودی به سیستم و همچنین نحوه توزیع یکنواخت اکسیژن محلول دارای معایبی است که در

طراحی حوض هوادهی نباید از نظر دور بماند.

در نتیجه با توجه به مجموعهٔ آنچه تاکنون بحث شد در رابطه با انتخاب مناسبترین رژیم هیدرولیکی برای حوض هوادهی تصفیه خانه فاضلاب تهران پیشنهاد میشود :

الف : سه سیستم لجن فعال در ابعادآزمایشگاهی که حجم حوض هوادهی آنها مساوی ولی رژیم هیدرولیکی آن بصورت های نهرگونه، اختلاط کامل و اختلاط کامل همراه با انتخابگر باشد ساخته شود و در محل یکی از تصفیه خانه های کوچك تهران استقرار یافته و حداقل برای مدت یك سال این سیستم ها از لحاظ کیفیت پساب ، بالکینگ ، ته نشینی لجن ، راندمان کاهش مواد آلوده کننده، مقاومت در برابرنوسانات ناگهانی شرایط محیطی ، مواد آلوده کننده ، میزان جذب اکسیژن، مشکلات راهبری و بهره برداری، مسائل اقتصادی و ... مقایسه گردد. بدیهی است همزمان با انجام این آزمایشات میتوان ثابتهای بیولوژیکی مربوط به تصفیه فاضلاب درسیستم لجن فعال در شرایط تهران را اندازه گیری کرد. این ثابتها برای عملیات مربوط به طراحی، بهره برداری و راهبری سیستم های تصفیه فاضلاب ضروری میباشد.

ب : چنانچه بهردلیلی امکان انجام تحقیق وجود نداشته باشد بهتر است حوض هوادهی به سیستم نهرگونه‌ایکه رژیم هیدرولیکی آن قابل تغییر باشد ساخته شود تا چنانچه در عمل این سیستم دچاراشکال شود امکان اصلاح آن وجود داشته باشد. البته‌توصیه میشود مدل آزمایشگاهی حوض هوادهی طراحی شده ساخته شود و عدم پراکندگی آن محاسبه گشته و در صورتی که این عدد بزرگتر از ۰/۰۸ باشد با ایجاد مانع به تعداد لازم عدد پراکندگی را تا حد مناسب کاهش داد.

ج : لازم است مشکلات موجود در تصفیه خانه های فعلی شهر تهران بررسی و ضمن ریشه یابی علل آن راههای مناسب برای رفع آنها پیدا نمود . نتایج حاصل از این تحقیقات علاوه بر آنکه برای اصلاح سیستمهای موجود قابل استفاده میباشد میتواند در طراحی سیستم جدید مورد استفاده قرارگیرد تا از تکرار مسائل و مشکلات فعلی جلوگیری شود .

در ارتباط با پیشنهاد (بند ب) فوق الذکر موضوع قابل تغییر بودن رژیم هیدرولیکی در تهیه نقشه های اجرائی حوض هوادهی پس ازارائه مشخصات توسط سازنده تجهیزات حوض هوادهی ، مد نظر قرار خواهد گرفت ■

* رابطه " مونود "

$$\mu = \mu_{max} \frac{S}{K_s + S} - K_d$$

دراین رابطه :

μ = میزان رشد ویژه برحسب mg/mg-d (در واقع اگر M غلظت میکروارگانیزم و $d\mu/dt$ نسبت تغییرات M نسبت به زمان باشد طبق تعریف

$$\mu = \frac{dM/dt}{M}$$

μ_{max} = حداکثر مقدار μ وقتیکه غلظت ماده غذائی عامل محدود کننده تکثیر میکروارگانیزم نباشد.

K_s = ضریب اشباع برحسب mg/L و آن عبارت است از غلظت ماده غذائی وقتی که $\mu = \frac{1}{2} \mu_{max}$ باشد .

K_d = ضریب مرگ ومیر میکروارگانیزمهابرحسب mg/mg-d

(1): Pin point floc
(2): Deflocculalion
(3): Sludge rising

(1): Filametous bulking

(1): Sludge volume index
(2): Stirred sludge volume index

" فهرست منابع مورد استفاده در گزارش "

1- Metcalf and Eddy, Inc., "Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse", Mc Graw-Hill Co. Ltd., New York (1988).

2- Tomlinson E.J. and Chambers B., " The Effect of Longitudinal Mixing on the Settleability of Activated Sludge," WRC Technical Report TR 122, (1979).

3- Poole J.E., " A Comparison of Completely Mixed and Plug Flow Modes of Operation at Mold Activated Sludge Plant," Wat. Pollut. Control", 116 ,(1987).

4- Lau A.O. etal.,"The Competitive Growth of Floc-Forming And Filamentous Bacteria: a Model for Activated Sludge Bulking", J.WPCF, 56, 1,52 (1984).

5- Strom P.F. and Jenkind D., " Identification and Significance of Filamentous Microorganisms in Activated Sludge," J.WPCF, 56,5,449 (1984).

6- Nikus., etal., " Factors Affecting Effluent Variability from Activated Sludge Processes," J.WPCF, 53,5,546 (1981).

7- Tuntoolavest, M., etal., "Factors Affecting the Clarification Performance of Activated Sludge Final Settlers," J.WPCE, 55,3,234 (1983).

8- Levenspiel O., "Chemical Reaction Engineering", John Wiley and Sons, Inc., New York, (1972).

9- Tucek F., Chudoba J. and Madeav., "Unified Basis for Design of Biological Aerobic Treatment Processes", Water Research, 5, 647 (1971)

10- Thomas H.A. and Mckee J.E., " Longitudinal Mixing in Aeration Tank", Sew. WKS.J., 16, 42 (1944).

11- Chudoba J., etal., " Control of Activated Sludge Filamentous Bulking-I.Effect of the Hydraulic Regime or Degree of Mixing in an Aeration Tank," Water Research, 7, 1163 (1973).

12- Chudoba.J., etal., "Control of Acticated Sludge Filamentous Bulking II. Selection of Microorganisms by Means of a Selector," Water Research, 7,1389(1973).

13- Richard M., etal., Growth Kinetics of Sphaerotilus Species and their Significance in Activated Sludge Bulking," J.WPCF, 57,1,68(1985).

14- Pipes W.O., "Bulking, Deflocculation and Pinpoint Floc" J.WPCF, 51,1,62,(1979).

15- Tuft R.G., " Evaluation of Control Measures for Filamentous Bulking of Activated Sludge," Australian Water and Wastewater Association Technical Papers, Presented at the Tenth Federd Convention Sydney (1983).

16- Sezgin M., etal., "Floc Size, Filament Length and Settling Properties of Prototype Activated Sludge Plants," Prog. Wat. Tech., 12,3,171 (1980).

17- Daigger G.T. and Roper R.E., " The Relationship Between SVI and Activated Sludge Settling Characteristics," J.WPCF, 57,8,859 (1985).

18- Jones G.A. and Franklin B.C., " The Prevention of Filamentous Bulking of Activated Sludge by Operation Means at Halofax Sewage - Treatment Works," Wat. Pollut. Control, 329 (1985).

19- Pipes W.O., "Microbiology of Activated Sludge Bulking." Advances in Applied Microbiology, 24,85 (1978).

20- Goronszy M.C., etal., "Sludge Bulking Control for Highly Degradable Wastewater Using the Cyclic Activated Sludge System," Proceeding of the 40 th Industrial Waste Conference Purdue University (1985).

21- Report of Water Pollution Research Laboratory, Minstry of Technology, HMSO, London (1969).

22- Chudoba,J., "Control of Activated Sludge Filamentous Bulking-VI. Formulation of Basic Principles" Wat. RES. 19 1017 (1985).

23- Tomlinson, E.J., " Bulking-Asurvey of Activated Sludge Plants," Report TR 35, Water Reseacrch Centre, (1976).

24- Houtmeyers J., etal., " Relation Between Substrate Feeding Pattern and Development of Filamentous Bacteria in Activated Sludge Processes," Environ. J.Appl. Microbial Biotechnol., 9 63(1980).

25- Hoffman H.," Influence of Oxic and Anoxic Mixing Zohes in Compartment Systems on Substrate Removal and Sludge Characteristics in Activated Sludge Plants, Wat. Sci. Tech. 19,897 (1987).

26- Azimi A.A. " The Effect of Reactor Configuration on the Performance of Nitrifying Activated Sludges under Transient Loadings," P.h.D. thesis, University of Leeds, U.K. (1988).