علت بروز پدیده بالکینگ لجن و روشهای جلوگیری از آن

F. Wagner*, University of Stuttgart, West Germany

نوشته : ف. واگنر - دانشگاه اشتوتگارت - آلمان غربی

ترجمه و تدوین :

کمیته تحقیقات آب و فاضلاب

مقدمه :

در کشور آلمان تحقیقات گسترده ای بر روی خصوصیات فاضلاب و همچنین شرایط بهره برداری آن در بیش از صد واحد تصفیه فاضلاب بروش لجن فعال انجام گرفته است و در این تحقیقات سعی شده علت بروز افزایش حجم لجن (Sludge bulking) و جلوگیری از آن نیز مورد مطالعه و تحقیق قرار گیرد. که در زیر به بحث در بارهٔ آن می پردازیم .

عوامل مؤثر در افزایش حجم لجن :

مطالعات میکروسکوپی که روی ۳۵۰۰ نمونه لجن از ۳۱۵ واحد تصفیه بروش لجن فعال انجام شد نشان داد که بطور فراوانی میکروارگانیزم رشته ای در حداقل ۴۵ درصد آنها وجود دارد.

از ۱۰۸ واحد تصفیه خانه شهری در طول دوره یك سال نمونه برداری شد و در ۲۷ درصد از این واحدها برای مدت بیش از ۶ ماه اندیکس حجم لجن (S.V.I) بیش از ۱۵۰ میلی لیتر برگرم بوده است .

همچنین در بیش از نصف آنها حداقل برای مدت ۲ ماه اندیکس حجم لجن از ۱۵۰ میلی لیتر بر گرم بیشتر بوده است . اگر واحدهای لجن فعال توأم با ته نشینی اولیه (Primary sedimentation) و بدون حذف همزمان فسفر بطور مجزا موردبررسی قرار گیرند در می یابیم که حداقل ۷۰ درصد از آنها برای دو ماه از سال دارای S.V.I بیش از ۱۵۰ میلی لیتر بر گرم بوده اند .

از روشهای معرفی شده توسط ایکل بوم (Eikelboom) میتوان بوجود ارگانیسم های رشته ای در لجن پی برد بطوری که در ۱۳۹ واحد تصفیه خانه لجن فعال ، ۳۵۶ مورد افزایش حجم مشاهده شده است .

برطبق این مشاهدات از هر چهار نمونه افزایش حجم یك مورد آن بعلت ارگانیسم رشته ای نوع N ۰۲۱ بوده است . همچنین نوع (میکروتریکس پارویسلا) (Microthria - parvicella) و یا نوع ۰۰۴۱ در پنجاه درصد موارد ایجاد افزایش حجم دخالت داشته اند .

علیرغم معروفیت (اسفاروتیلوس ناتانس) (Sphaerotilus natans) که به نام قارچ فاضلاب نیز خوانده میشود تنها ۹ درصد از موارد افزایش حجم لجن توسط این ارگانیزم ایجاد شده است .

در جدول زیر میکروارگانیسمهای موجود در نمونه های افزایش حجم لجن نشان داده شده است .

نوع میکروارگانیسم	درصد
نوع 021 N	۲۳/۳
م . پارویسلا	۱۵/۲
نوع ۰۰۴۱	۱۴/۶
س . ناتانس	۹
نوکاردیا ـ اسبك	۷/۳
ح . هیدروسیس	۴/۸

نوع میکروارگانیسم	درصد
ن . لیمی کولا	۴/۲
نوع ۱۷۰۱	۳/۴
نوع ۰۹۶۱	۲/۸
موع ۰۸۰۳	۲/۵
۹ نمونه دیگر	۶/۸
غیر قابل تشخیص	۶/۱

علل بوجود آمدن افزایش حجم لجن

(The causes of sludge Bulking)

شاخص لجن فعال رشته ای ، زیادبودن میزان مواد آلی ، بالابودن میزان کربن و نیتروژن و وپائین بودن فسفر میباشد .

آزمایشات انجام شده نشان داده که لجن فعال رشته ای در تصفیه پساب های کارخانجات صنعتی زیر یافت میشود :

۱ ـ کارخانجات کاغذ سازی (Paper industry)

۲ ـ کارخانجات لبنیات سازی (Milk processing)

۳ ـ کارخانجات فرآیند سبزیجات (Vegetable processing)

۴ ـ صنایع چرم سازی و چسب سازی (Leather and glue industries)

۵ ـ کارخانجات کمپوت سازی و شراب سازی (Fruit processing , wine making)

۶ ـ واحدهای تقطیر (Distilleries)

قابل توجه اینکه در: کشتارگاهها (Slaughter houses)، فلزکاریها (Metal processing) وصنایع نساجی (Textile industries)، امکان افزایش حجم لجن کمتر مشاهده شده است عموما" پساب‌هائی که افزایش حجم لجن ایجاد میکنند دارای ترکیب نامتعادلی از مواد غذائی هستند . علاوه بر این ترکیب لجن تأثیر بسیار مهمی بر روی افزایش حجم لجن دارد.

شاخص لجن فعال رشته ای زیاد بودن میزان مواد آلی ، بالا بودن میزان کربن و نیتروژن و پائین بودن فسفر میباشد.

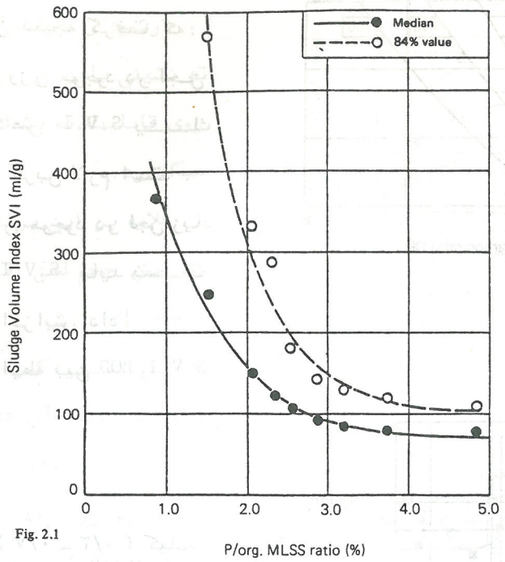

Fig. 2.1

چنانکه از شکل (۱) مشخص است رابطه نزدیکی بین S.V.I و نسبت فسفر به مواد معلق مایع مخلوط (Mixed liquor suspended solids) وجود دارد .

مشاهده میشود که :

الف : چنانچه نسبت فسفر به MLSS آلی کمتر از ۳ درصد شود ، مقدارS.V.I زیاد شده و امکان تشکیل لجن فعال رشته‌ای انبوه فراهم میشود.

ب : چنانچه نسبت فسفر به MLSS آلی زیادتر از ۳ درصد شود ، تقریبا"S.V.I ثابت است و افزایش حجم لجن نخواهیم داشت .

برای توضیح بیشتر میتوان از تئوری سطح به حجم پایپ (Pipe) استفاده نمود.

بطوری‌که نتایج زیر استخراج میگردد.

میکروارگانیسم های موجود در لجن فعال نیاز خود به فسفر را از طریق پیرامون خود تأمین میکنند. درصورتی که غلظت فسفر کم باشد برای جذب فسفر مورد نیاز ، میکروارگانیسمها مجبورند که مناطق سطحی باکتریائی را گسترش داده و موجبات رشد رشته ای‌رافراهم کنند و بر عکس ، چنانچه میزان غلظت فسفر در محیط لخته های لجن بیشتر باشد رشد مناطق سطحی کاهش مییابد.

لازم بتوضیح است که اقدام نهائی برای جلوگیری از افزایش حجم لجن آن نیست که غلظت فسفر را در محیط افزایش دهیم بلکه بایستی انواع ترکیبات فسفر را با قدرت حلالیت اندك در لخته های لجن تثبیت نمائیم.

لخته های فشرده شده بعلت داشتن جرم بیشتر و خصوصیات منطقه سطحی توانائی بهتری در تثبیت و استفاده از ترکیبات نا ـ محلول فسفر دارد.

در نمودار (۲ ـ ۲) رابطه بین S.V.I و نسبت فسفر به کربن و همچنین نیتروژن به کربن را نشان میدهد.

از نمودار (۲ ـ ۲) میتوان نتیجه گرفت که :

الف : چنانچه مقدار نیتروژن موجود در لجن کم باشد ، برای کاهش S.V.I یک نسبتِ کمِ فسفر به کربن لازم است .

ب : اگر مقدار نیتروژن موجود در لجن زیاد باشد برای کاهش S.V.I باید نسبت فسفر به کربن را افزایش داد.

در نمودار (۳ ـ ۲) نیز رابطه بین BOD وS.V.I نشان داده شده است :

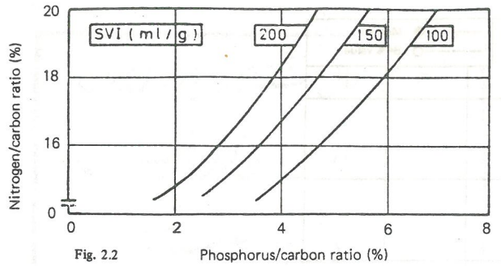

Fig. 2.2

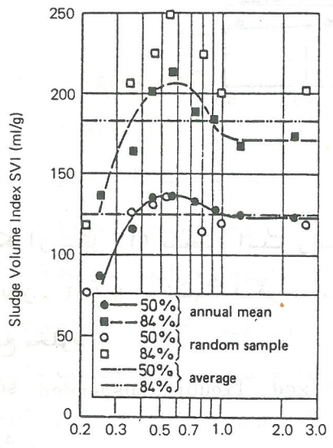

Fig. 2.3

ملاحظه میشود که :

الف : چنانچه BOD بین (۰/۷ ـ ۰/۳) کیلو گرم بر مترمکعب بر روز باشد مقدار S.V.I ماکزیمم است .

ب : چنانچه BOD کمتر از ۰/۳ کیلو گرم بر متر مکعب بر روز باشد مقدارS.V.I قابل قبول است .

ج : برخلاف پاره ای از گزارشات موجود به نظر نمیرسد اگر ا BOD > شود S.V.I افزایش یابد، بلکه همانطوری که در نمودار ملاحظه میشود مقدار S.V.I تقریبا" ثابت میماند.

عموما" در واحدهای نیتریفیکاسیون در شرایط بار هیدرولیکی بحرانی لجن به کندی ته نشین میشود.

کنترل و جلوگیری از افزایش حجم لجن

(Prevention and control of Bulking sludge)

درجدول روبرو میتوان تغییرات S.V.I را برای واحدهای مختلف بررسی نمود :

بدترین نتایج S.V.I در واحدهائی بدست میآید که دارای ته نشینی اولیه هستند.تصفیه-

روش بهره برداری	S.V.I (ml/gr)	
	مقدار ۶ ماه	مقدار ۱۰ ماه
تمام واحدها	۱۰۳	۱۴۸
همراه با ته نشینی اولیه	۱۲۵	۱۸۳
بدون ته نشینی اولیه	۶۱	۸۶
همراه با پیش تصفیه فیلترهای بیولوژیکی	۶۴	۹۲
بدون ترسیب همزمان	۷۱	۸۷

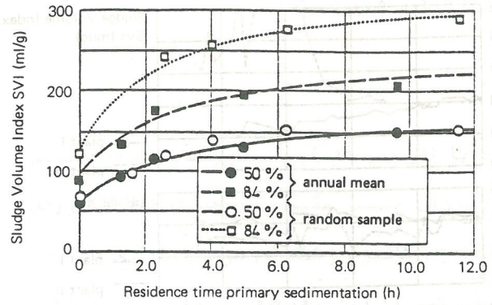

Fig. 2.4

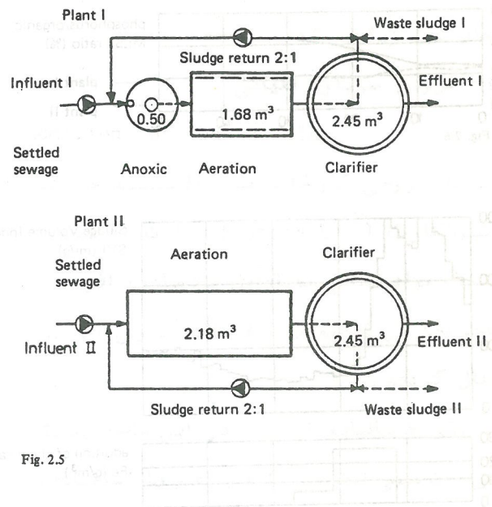

Fig. 2.5

خانه هائی که فاقد ته نشینی اولیه هستند ولی در عوض مجهز به پیش تصفیه فیلترهای بیولوژیکی و یا حذف همزمان فسفر میباشند، نه تنها از نقطه نظر مقدارS.V.I در شرایط مطلوبی هستند بلکه مشاهدات انجام شده حاکی از آنست که بطورقابل ملاحظه ای میکروارگانیسمهای رشته ای در آنها کمتراست و در نتیجه از افزایش حجم لجن درآنها جلوگیری خواهد شد.

در نمودار (۴ ـ ۲) تاثیر زمان ماندفاضلاب در تانک ته نشینی و ارتباط آن با S.V.I نشان داده شده است .

درنمودار ملاحظه میشود که وجود تانکهای ته نشینی با زمان ماند بیش از ۳ ساعت بر روی قابلیت ته نشینی لجن تأثیر زیادی میگذارد.

علاوه بر این برای کنترل و جلوگیری از افزایش حجم لجن اقدامات زیر را میتوان انجام داد.

I: اضافه کردن یک تانک برای اختلاط اولیه که در آن دی نیتریفیکاسیون (Dentrification) انجام شود . به دوواحد روبرو توجه میکنیم . یکی از این واحدها (Plant I) با روش دی نیتریفیکاسیون ودومی (Plant II) بدون دی نیتریفیکاسیون (Without Dentrification) کار میکنند .

میزان BOD در لجن برای هر دو واحد۰/۰۹ کیلو گرم بر کیلو گرم روز است .

پس از ۲۰ روز مشاهده شد که :

الف :دی نیتریفیکاسیون در واحد اول باعث افزایش فسفات در لجن و مقدار S.V.I در حد تناسب بود.

ب : واحد بدون دی نیتریفیکاسیون یک لجن رشته ای تولید کرد که فاقد فسفر بود.

ـ بسته به مقدارPH در لجن های فعال گوناگون غلظت های متفاوتی از فسفر را میتوان مشاهده کرد.

ـ نیتریفیکاسیون باعث کاهش PH میگردد و در نتیجه از ایجاد فسفات کلسیم در لجن جلوگیری بعمل می آورد .

ـ بر عکس در عمل دی نیتریفیکاسیون آزاد شدن یون هیدروکسید باعث افزایش PH شده ودرلجن

فسفات کلسیم تشکیل میشود . این امر امکان افزایش فسفر در لجن را فراهم می نماید در نمودار زیر میتوان تغییرات فوق را بررسی نمود .

II:ته نشینی همزمان به کمك نمکهای آهن

Simultaneous precipitation with ferrous salts.

در چند تصفیه خانه شهری بکمك افزودن ته نشین کننده ها افزایش حجم لجن با موفقیت کنترل شد .

در شکل (۷ ـ ۲) تأثیر سولفات آهن را بر روی نحوه ته نشینی لجن فعال نشان میدهد .

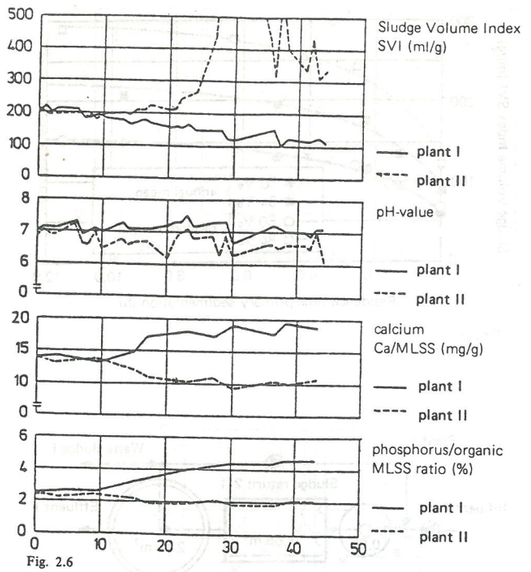

Fig. 2.6

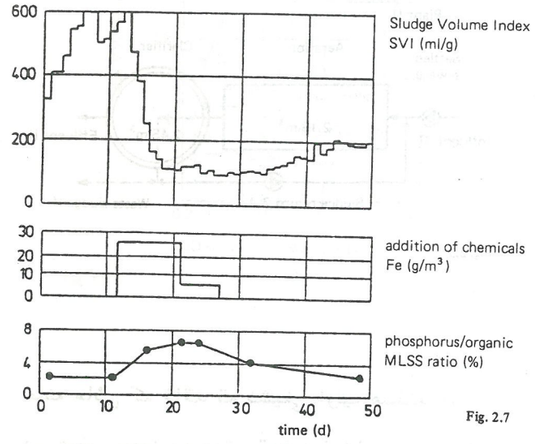

Fig. 2.7

ظرف مدت چند روز با افزودن ۲۶ گرم سولفات فرّو بازای هر متر مکعب فاضلاب ارگانیزم رشته ای نوع ۰۰۴۱ نابود گردید . علاوه بر تأثیرات لخته سازی ، مواد فسفری موجود در لجن منجر به تولید یك لجن با ساختمان مطلوبی میگردد .

تجارب بعدی در این زمینه نشان داده‌است که بطور موفقیت آمیزی افزودن نمك های آهن بر روی ارگانیزمهای رشته ای نوع (۱۷۰۱،۰۹۶۱ ۱۸۶۲ وقارچ فاضلاب نیز تأثیر میگذارد.

آزمایشات نشان داد که برای میکروتریکس (Microthrix) و ح . هیدروسیس (H. hydrossis) نوکارد یا (Nocardia) ونوع ۰۰۹۲ هیچگونه واکنشی ملاحظه نشد .

III:ته نشینی همزمان با کمك آهك

Simultaneous precipitation with - lime.

در تصفیه خانه های فاضلاب شهری که از هیدروکسید کلسیم = $Ca(OH)_2$ استفاده میشد کاهش قابل توجهی در مقدار S.V.I بدست آمد .

در شکل (۸ ـ ۲) تغییرات خصوصیات لجن نسبت به زمان در خلال ته نشینی بوسیله آهك

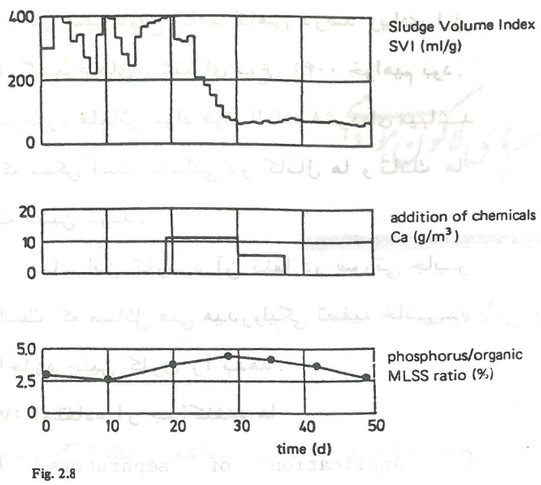

Fig. 2.8

نشان داده شده است .

با افزودن ۱۱ گرم هیدروکسیدکلسیم بازای هر متر مکعب فاضلاب‌ورودی میکروارگانیزم رشته ای نوع ۰۲۱N تقریبا" به بطورکلی از بین رفت‌مقدار S.V.I از ۳۰۰ ml/gr به کمتر از ۱۰۰ ml/gr کاهش یافت و در همین حال غلظت فسفر در لجن فعال نیز زیادتر شد.

IV : افزودن سرباره قلیائی

Addition of basic slag.

پساب خروجی کارخانجات کاغذ حومه اشتوتکارت (Stuttgart) که از نظر نسبت مواد غذائی نامتعادل بود باعث افزایش حجم لجن در تصفیه خانه فاضلاب بروش لجن فعال گردید .

متوسط سالیانه S.V.I در این واحد بیش از ۵۰۰ میلی لیتر بر گرم بوده و با استفاده از سرباره قلیائی (زباله های باقیمانده از تولید فولاد که یك کود فسفاته با قدرت حلالیت اندك میباشد) نحوه ته نشینی لجن فعال بطور قابل ملاحظه ای اصلاح میگردد .

در شکل (۹ ـ ۲) تغییرات خصوصیات لجن در ارتباط با زمان در اثر اضافه نمودن سر ـ باره قلیائی نشان داده شده است .

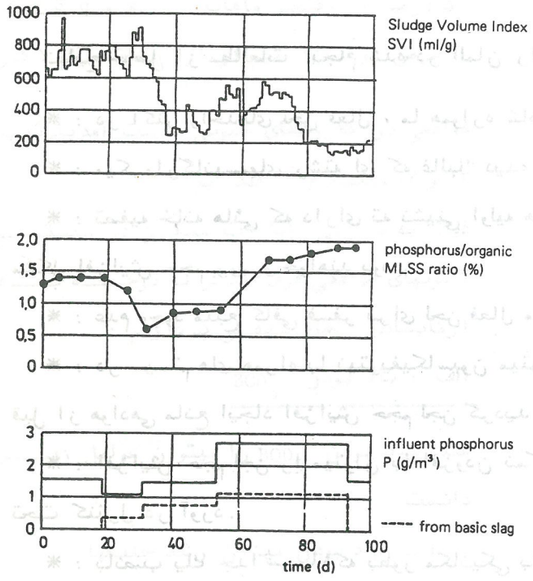

Fig. 2.9

افزودن سر باره قلیائی به تانك هوادهی موجب اصلاح S.V.I میشود و این به جهت آنست که میزان فسفر در لجن افزایش می یابد وچنانچه میزان افزایش سرباره قلیائی به دو برابر برسد اصلاح قابل توجهی در S.V.I مشاهده خواهد شد .

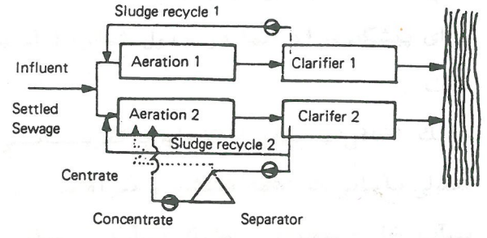

Fig. 2.10

در همین موقع شاهد کاهش درصد زیادی از ارگانیزم های رشته ای نوع ۰۰۴۱ خواهیم بود. سرباره قلیائی مواد فوق العاده فشرده‌ای میباشد که ممکن است بآسانی در کانال ها و تانك ها ته نشین شوند.

بنابراین کاربرد آن تنها در صورتی جایز است که مسائل فنی هیدرولیکی تصفیه خانه اجازه چنین کاری را بدهد.

۷: استفاده از جداکننده ها

(Application of separators)

استفاده از جداکننده های اتوماتیك سلینریفوژ برای جلوگیری و کنترل افزایش حجم لجن با موفقیت توأم بوده است.

کار جداکننده این است که قسمتی از لجن برگشتی را دریافت و پس از تغلیظ آنرا به تانك هوادهی تحویل میدهد. در این عمل ارگانیزم های رشته ای کم شده و در نتیجه مقدار S.V.I نیز کم میگردد.

با این روش میتوان از پائین آمدن کیفیت پسآب در نتیجه کاهش لجن جلوگیری نمود.

نتایج حاصله :

نتایج حاصل از مطالعات انجام شده در آلمان را میتوان بصورت زیر خلاصه نمود.

* : در اکثر واحدهای لجن فعال ، ما همواره شاهد بروز افزایش حجم لجن بوده ایم.

* : میکروارگانیسمهای رشته ای که غالبا" دیده میشود نوع N ۰۲۱ ، م پارویسلا و نوع ۰۰۴۱ میباشد.

* : تصفیه خانه هائی که دارای ته نشینی اولیه هستند بیش از آنهائی که ته نشینی اولیه ندارند با مشکل افزایش حجم روبرو خواهند بود.

* : عدم وجود منبع کافی فسفر برای لجن فعال موجبات افزایش حجم لجن را فراهم میسازد.

* : در سیستم های همراه با نیتریفیکاسیون میتوان بوسیله تدارك یك واحد دی نیتریفیکاسیون قبل از هوادهی مانع ایجاد افزایش حجم لجن گردید.

* : افزایش حجم لجن را میتوان با افزودن نمکهای آهن ، آهك و یا کود فسفر ، با حلالیت کم تحت کنترل در آورد.

* : بانصب یك جدا سازکه بطور مکانیکی باعث بریده شدن میکروارگانیزمهای رشته ای میگردد میزان S.V.I اصلاح خواهد شد.

2.6 REFERENCES

[1] Eikelboom, D. H. *Leitfaden für die Bestimmung fadenförmiger Mikroorganismen im Belebtschlamm.* IGM – TNO Bericht A 9, Delft, 1979.

[2] Pipes, W. O. Bulking of activated sludge, *Advances in Applied Microbiology*, 1967, 9, 185-239.