Real Time Bod Monitoring For Wastewater , Field Application

Iranpour,R., Member, ASCE,
Research Staff at Liquid Waste Management Division,
Sanitation, City of LA., U.S.A.

Abstract

This is a preliminary investigation of a method for timely monitoring of wastewater BOD . Many ecological and economic pressures support the use of BOD measurement methods fast enough to prevent process upsets. Since the standard laboratory procedure takes five days and previously used fast tests are unsatisfactory for various reasons, tests were made on the Nissin Electric BOD-2000, which uses a yeast-based biosensor to measure soluble BOD in thirty minutes. It has been successfully used in the pharmaceutical and food industries. An initial attempt was made to place the instrumet in field service. This attempt was unsuccessful, so this study concentrated on comparing its operation in the laboratory with the results of the standard BOD_5 procedure. The two types of tests were compared for samples from Terminal Island Treatment Plant (TITP), Bureau of Sanitation of the City of Los Angeles, using various combinations of filter porosities and wastewater sources in an attempt to establish a measurement routine that would not suffer from clogging problems that plagued the field test. Under these conditions the results from the instrument are excellent, and we briefly discuss further work needed to bring it into field use. This test is believed to be the first effort to fully assess the capability of this technology in a wastewater application in the United States.

اندازه‌گیری سریع BOD
و
استفاده از آن در صنعت فاضلاب

رضا ایرانپور مبارکه *

چکیده

این مطالعه تحقیقات اولیه در مورد اندازه‌گیری سریع[1] BOD فاضلاب است. اندازه‌گیری سریع BOD و استفاده از آن برای جلوگیری از بهم خوردن فرایندهای موجود در تصفیه‌خانه‌ها به دلایل اکولوژیکی و اقتصادی از اهمیت خاصی برخوردار است. از آنجایی که آزمایش استاندارد BOD به پنج روز زمان احتیاج دارد و روشهای سریع قبلی نیز به دلایل متعدد رضایتبخش نبودند، آزمایشاتی توسط دستگاه نیسین الکتریک BOD-2000[2] دارای یک بیوسنسور[3] حاوی مخمر برای اندازه‌گیری BOD محلول در ۳۰ دقیقه انجام شد و نتایج آن در این مقاله گزارش گردید. لازم به ذکر است که از این دستگاه در صنایع غذایی و دارویی استفاده شده و نتایج آن کاملاً موفقیت‌آمیز بوده است. ابتدا تلاش بر این بود که از این دستگاه در تصفیه‌خانه[4] استفاده شود اما این کار موفقیت‌آمیز نبود. از این رو در مراحل بعدی سعی بر این شد که از این دستگاه در آزمایشگاه استفاده شود و نتایج حاصل از آن با نتایج حاصل از روش استاندارد BOD_5 مقایسه شود. هر دو روش بر روی نمونه‌های جمع‌آوری شده از تصفیه‌خانه ترمینال آیلند (TITP)[5] و مرکز بهسازی شهر لس‌آنجلس انجام شد. در این آزمایش از ترکیبی از صافیهای با منافذ مختلف و منابع مختلف فاضلاب استفاده شده تا یک پایش مرتب از نمونه‌ها بدون اینکه مشکل گرفتگی پیش آید انجام شود. تحت این شرایط نتایج حاصل از این دستگاه بسیار موفقیت‌آمیز بوده است. در این مقاله به طور مختصر در زمینه اقدامات لازم جهت استفاده از دستگاه در تصفیه‌خانه بحث خواهد شد. این تحقیق اولین مطالعه در زمینه استفاده از این تکنولوژی در تصفیه فاضلاب کشور آمریکا است.

مقدمه

اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی همواره به عنوان مهمترین پارامتر کیفی فاضلاب به شمار می‌رود. اما روش استاندارد آزمایشگاهی برای اندازه‌گیری آن از زمان جمع‌آوری نمونه تا استخراج نتایج پنج روز طول می‌کشد [۱]. لذا این روش برای کنترل فرایند تصفیه‌خانه فاضلاب بسیار کند است. بارگذاری BOD اغلب از ساعتی به ساعت دیگر تغییر می‌یابد و بار آلی بسیار زیاد زمانی که تصفیه‌خانه آمادگی آن را ندارد می‌تواند به تصفیه‌خانه شوک وارد نماید. با بالا رفتن سطح استانداردهای زیست محیطی و با توجه به نوسانات BOD در جریان ورودی، اندازه‌گیری سریع BOD جهت هماهنگ نمودن تصفیه‌خانه

*-کارشناس پژوهشی مرکز بهسازی و مدیریت زائدات مایع شهر لس آنجلس

1- Real time
2- Nissin Electric BOD-2000
3- Biosensor
4-Field
5- Terminal Island Treatment Plant

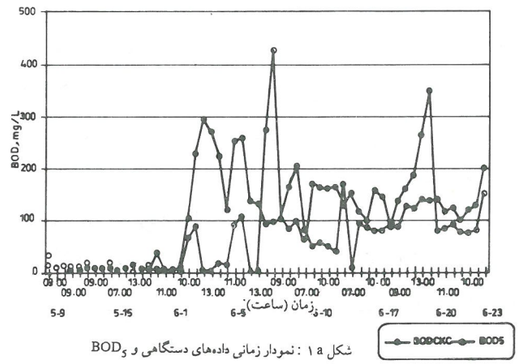
با این تغییرات ضروری است. آزمایشات سریعتری از سالها پیش ابداع شده ولی مطابق با استانداردهای فعلی نمی‌باشد. به عنوان مثال در آزمایش COD یا اکسیژن مورد نیاز شیمیایی سولفات جیوه مورد نیاز است که ماده‌ای سمی محسوب می‌شود. در آزمایش کل کربن آلی (TOC) فقط کربن آلی اندازه‌گیری می‌شود نه مواد دیگری که در آزمایش BOD اندازه‌گیری می‌شوند[۱]. بنابراین این آزمایش نیز جایگزین خوبی برای BOD نمی‌باشد[۲].

هر چند کارخانجات سازنده وسایل آزمایشگاهی دستگاههایی را می‌سازند که از سرعت بیشتری در اندازه‌گیری BOD برخوردارند ولی هنوز از نظر تکنیکی تجربه کافی روی آنها به عمل نیامده است. مثلاً هرتیا و همکاران[۳] در سال ۱۹۸۵ یک آزمایش بر روی چند نمونه فاضلاب از منابع مختلف مانند فاضلاب ورودی تصفیه‌خانه و خروجی چند کارخانه انجام دادند ولی این آزمایشات کوتاه مدت بود. یکی از این دستگاهها بیوایکس[1] بود که توسط یک کارخانه آلمانی بنام کوزا[2] ساخته شده است [۴]. این دستگاه به تازگی توسط "تی‌تپ"[3] ارزیابی شد. دستگاه دیگر ارس[4] است که توسط یکی دیگر از کارخانجات آلمانی به نام لانگ ساخته شده است [۵].این دستگاه در "تی‌تپ" به کار گرفته شده است اما برای تزریق نمونه‌ها احتیاج به اپراتور دارد. لذا برای کنترل فرایند به شکل کنونی مناسب نیست. در حال حاضر دستگاه دیگر آناتل بیومانیتور[5] است که ساخت آمریکا است. این دستگاه در "تی‌تپ" هنوز مورد آزمایش قرار نگرفته است. موضوع این مقاله بحث درباره دستگاه نیسین الکتریک BOD-2000 است که توسط شرکت CKC[6] ساخته شده است. دستگاهی که بطور گسترده در صنایع غذایی و دارویی و صنایع کاغذ سازی ژاپن مورد استفاده قرار گرفته است[۸،۷،۶]. در این دستگاه از یک بیوسنسور استفاده شده که شامل یک الکترود جهت تعیین اکسیژن محلول و یک غشا است که با یک مخمر به نام تریکاسپورون کوتانئوم[7] آغشته شده است. محلول مورد نظر در این دستگاه هوادهی می‌شود و مصرف اکسیژن توسط مخمر متناسب است با غلظت ترکیبات قابل هضم به طوری که جریان الکترود DO با افزایش BOD کاهش می‌یابد. این تکنولوژی مربوط به مطالعاتی است که در اواسط دهه ۱۹۷۰ توسط کاروبه و همکارانش[۱۰،۹] انجام شد و توسط استاندارد صنایع ژاپن به ثبت رسیده است. در این روش کنترل آزمایشات و داده‌پردازی توسط یک ریزپردازنده انجام می‌شود. این عملیات شامل کالیبره نمودن دستگاه با سه محلول استاندارد و تمیز نمودن سلول با محلول شستشو دهنده در بین اندازه‌گیریهاست.

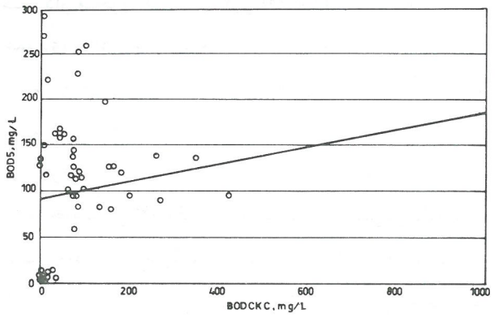
آزمایشات در تصفیه‌خانه

تجربه اولیه در تصفیه‌خانه با دستگاه BOD-2000 که در آوریل ۱۹۹۴ در TITP انجام شد، رضایتبخش نبود. ۶۰٪ جریان ورودی تصفیه‌خانه TITP از صنایعی است که جریان فاضلاب آنها غیرقابل پیش‌بینی است. این دستگاه در یک ظرف فلزی نصب شده بود به طوری که باران در آن نفوذ نمی‌کرد و اغلب آزمایشات روی جریان خروجی از حوضچه ته‌نشینی اولیه انجام شد، زیرا این جریان نسبت به جریان ورودی ذرات کمتری دارد. با این حال مشکلات زیادی نظیر تشکیل غشاء میکروبی در لوله‌های کوچک وجود داشت. همچنین این دستگاه در آب و هوای گرم یا از کار می‌افتاد یا اعداد و ارقام نامربوط مانند کمتر از ۱۰mg/L یا بیشتر از ۵۰۰mg/L را نشان می‌داد. به همین دلیل در ماه اوت اطلاعات صحیحی از این دستگاه حاصل نمی‌شد و لذا این دستگاه مجدداً به آزمایشگاه TITP انتقال یافت. همانطور که انتظار می‌رفت ضریب تطابق و برازش خطی بین مقادیر BOD_5 حاصل از روش استاندارد آزمایشگاهی و مقادیر به دست آمده از این دستگاه در این شرایط ارتباط معنی‌داری نداشت . شکل ۱a نشان دهنده نموداری از شرایط زمانی اندازه‌گیری BOD است. شکل ۱b بهترین برازش خطی بین داده‌ها را نشان می‌دهد. در این

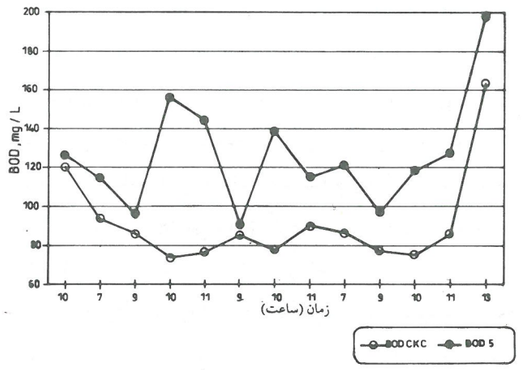
1- BIOX-1010
2- Cosa
3- TITP
4- Aras
5- Anatel Biomonitor
6- Central Kagaku Corporation
7-Trichosporon Cutaneum



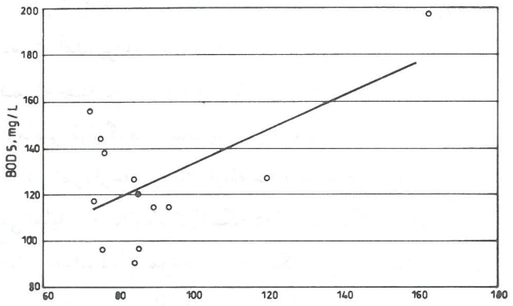
شکل ۱ a : نمودار زمانی داده‌های دستگاهی و BOD_5



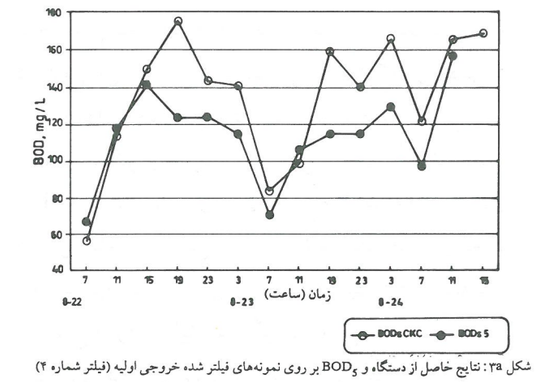
شکل ۱b : ارتباط بین داده‌های دستگاهی در فیلد و BOD_5



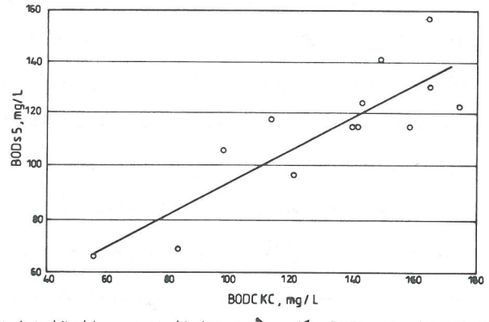
شکل ۲a : نمودار زمانی داده‌های منتخب دستگاهی و BOD_5



شکل ۲b : ارتباط بین داده‌های منتخب دستگاهی و BOD_5



شکل ۳a : نتایج حاصل از دستگاه و BOD_5 بر روی نمونه‌های فیلتر شده خروجی اولیه (فیلتر شماره ۴)



شکل ۳b : ارتباط بین نتایج BOD_5 دستگاهی بر روی نمونه‌های فیلتر شده خروجی اولیه (فیلتر شماره ۴)

نمودار محور افقی مقادیر BOD-2000 است و محور عمودی مقادیر BOD_5 متناظر با آن است.

نتایج قابل قبول در مدت زمانی که دستگاه تحت مراقبت دائم قرار داشت به دست آمد ولی حتی این نتایج نیز غیرقابل اعتماد بودند. شکلهای ۲a و ۲b نشان دهنده نتایج حاصل از ۱۳ مقداری هستند که از بهترین داده‌ها در تصفیه‌خانه در چهارماه ثبت شده‌اند. این مقادیر در ۱۱، ۱۷، ۲۲ و ۲۷ ژوئن ثبت شده‌اند. همانطور که ملاحظه می‌گردد برای مشخص شدن عدم ارتباط بین مقادیر آزمایشگاهی و مقادیر حاصل از دستگاه احتیاجی به محاسبه ضریب همبستگی نیست.

اندازه‌گیریهای آزمایشگاهی

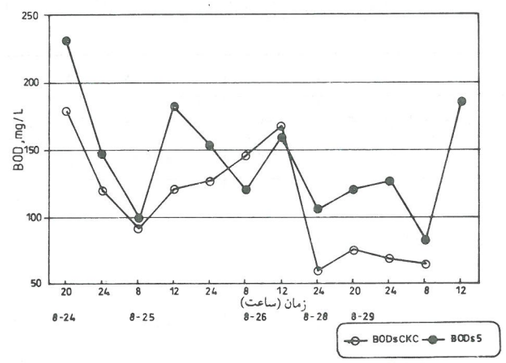
در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی نتایج بهتری به دست آمد. برای اعتماد به نتایج حاصل از این روش هر نمونه چندین بار به وسیله دستگاه BOD-2000مورد آزمایش قرار گرفت. بنابراین نتایج به دست آمده از دستگاه که در نمودارهای بعدی ارائه شده متوسط نمونه‌ها را بیان می‌نماید. به علاوه برای اینکه دما در دستگاه در حد تعیین شده باشد، تمام نمونه‌ها به جز یک سری از آنها از صافی عبور داده شد. صافیهای استفاده شده عبارت بودند از صافی شماره ۴۵ (۴۵ میکرون)، شماره ۱ (یازده میکرون) و شماره ۴ (۲۵-۲۰ میکرون). شکلهای شماره ۳a تا ۸a نمودار تغییرات BOD نسبت به زمان را نشان می‌دهند. شکلهای شماره ۳b تا ۸b نشان دهنده مقادیر BOD-2000 در مقابل BOD متناظر با آن و خط برازش شده آنهاست.

جدول شماره ۱ ضریب تصحیح برای این سری آزمایشات را آورده است. این ضرایب با استفاده از کلیه داده‌ها یا با استفاده از داده‌های صحیح می‌باشد. نتایج نشان می‌دهند که در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی و در صورتی که نمونه‌ها از یک صافی معین عبور نمایند (نمونه از هر منبعی که باشد) بهترین تطابق بین مقادیر حاصل از آزمایش استاندارد BOD_5 و مقادیر محلولهای آزمایشگاهی که غلظت آنها معلوم است تطابق خوبی به دست می‌دهد.

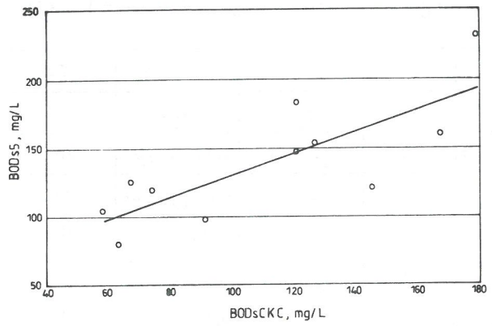
مشاهده شده است که بین BOD-2000 و BOD_5 اختلاف سیستماتیک وجود دارد و هر چه صافی ریزتر باشد این اختلاف بیشتر است. اختلاف این دو احتمالاً به این دلیل است که روش استاندارد BOD_5 بر فعالیت متابولیک میکروارگانیسمهای آب استوار است و صاف کردن نمونه‌ها مقدار زیادی از این میکروارگانیسمها را حذف می‌کند. بالعکس چون بیوسنسور BOD-2000 حاوی سلولهای مخمر است این مخمرها حتی بر روی محیطهای استریل نیز رشد می‌نمایند. از این رو یک ناهنجاری در داده‌های حاصل از صافی شماره ۴۵ مشاهده شد زیرا BOD_5کل نیز مانند BOD_5 محلول بعضی اوقات برای این صافی و صافیهای شماره ۴ و ۱ بر روی جریان ورودی به حوضچه ته‌نشینی اندازه‌گیری شد.

همانطور که انتظار می‌رفت در صورت استفاده از صافیهای شماره ۱ و شماره ۴ ، BOD_5کل از BOD_{ckc} بیشتر بود. اما در مورد صافی شماره ۴۵ این مقدار کوچکتر بود. این مسئله قابل اعتماد بودن نتایج را برای فیلتر شماره ۴۵ با تردید مواجه می‌سازد اگرچه از جنبه‌های دیگر نتایج کار با این نوع فیلتر رضایت‌بخش است.

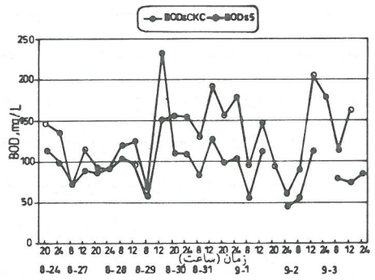
برای برطرف کردن این مشکل، آزمایشات بیشتری مورد نیاز بود. محدودیت وقت در این مطالعه موجب شد که آزمایش کامل در مورد BOD_5کل انجام نشود. ولی این پارامتر نهایتاً باید توسط دستگاه اندازه‌گیری شود. از این رو داده‌های BOD_5کل مربوط به نمودارهای ۳ و ۴ و ۵ در اینجا رسم نشده‌اند. لازم به ذکر است که اختلاف موجود در نتایج این آزمایشات به این دلیل است که در بعضی از آزمایشها از جریان ورودی به حوضچه ته‌نشینی و در بعضی دیگر از جریان خروجی از حوضچه ته‌نشینی استفاده شده است. در صافی شماره ۴ نمونه‌های ورودی و نمونه‌های خروجی حوضچه ته‌نشینی هر دو تحت آزمایش قرار گرفتند. در مورد بقیه صافیها فقط نمونه‌های یک منبع مورد آزمایش قرار گرفت. شکل شماره ۹ نمودار یک سری کامل از نمونه‌ها را نشان می‌دهد. این نمودار



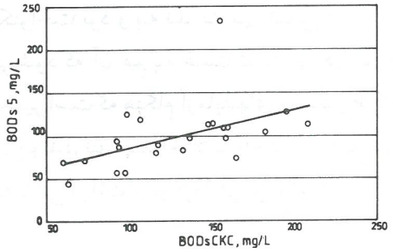
شکل ۴a : نمودار زمانی نتایج دستگاهی و BOD_5 بر روی نمونه‌های ورودی اولیه فیلتر شده (فیلتر شماره۴)



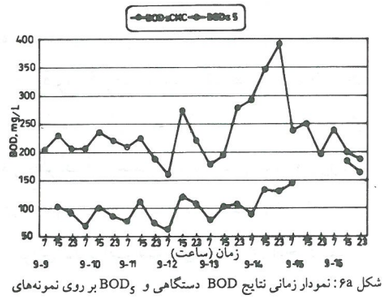
شکل ۴b : ارتباط بین نتایج دستگاهی و BOD_5 بر روی نمونه‌های ورودی اولیه فیلتر شده (فیلتر شماره ۴)



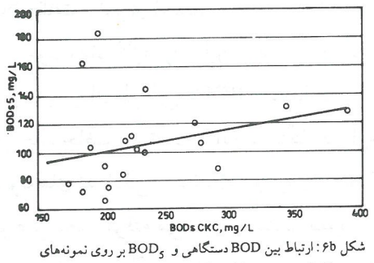
شکل ۵a : نمودار زمانی نتایج BOD دستگاهی و BOD_5 بر روی نمونه‌های فاضلاب ورودی اولیه فیلتر شده (فیلتر شماره ۱)



شکل ۵b : ارتباط بین BOD دستگاهی و BOD_5 بر روی نمونه‌های فاضلاب ورودی اولیه فیلتر شده (فیلتر شماره ۱)



شکل ۶a : نمودار زمانی نتایج BOD دستگاهی و BOD_5 بر روی نمونه‌های فاضلاب خروجی اولیه فیلتر شده (فیلتر شماره ۰/۴۵)



شکل ۶b : ارتباط بین BOD دستگاهی و BOD_5 بر روی نمونه‌های فاضلاب خروجی اولیه فیلتر شده (فیلتر شماره ۰/۴۵)

جدول ۱- خلاصه‌ای از آنالیز همبستگی بین داده‌های حاصل از دستگاه BOD و BOD_5برای نمودارهای ۳ تا ۸

شکل	نمونه		زمان	صافی	کل داده‌ها		داده‌های خوب	
	منبع	نوع	روزها	شماره	شماره	ضریب‌همبستگی	شماره	ضریب همبستگی
۷b	خروجی‌اولیه	تصادفی	۵	غیرممکن	۱۴	۰/۶۸۱	۱۲	۰/۸۸۲
۳b	خروجی اولیه	تصادفی	۳	۴	۱۳	۰/۸۵۳	۱۳	۰/۸۵۳
۴b	ورودی‌اولیه	تصادفی	۶	۴	۱۱	۰/۷۸۰	۱۱	۰/۷۸۰
۵b	ورودی‌اولیه	تصادفی	۹	۱	۲۳	۰/۴۵۰	۲۲	۰/۶۳۹
۶b	خروجی‌اولیه	تصادفی	۸	۴۵	۱۹	۰/۳۰۰	۱۴	۰/۷۶۴
۸b	غلظت‌معلوم	غیرممکن	غیرممکن	غیرممکن	۹	۰/۹۹۹	۹	۰/۹۹۹

نسبت به نموداری که انحراف معیار از متوسط را نشان دهد، اطلاعات بیشتری را در اختیار می‌گذارد. زیرا در این روش می‌توان پی برد که انحرافها مربوط به یک روند سیستماتیک می‌باشد و یا مربوط به یک خطای جزیی است. چنانکه مشاهده می‌شود نتایج حاصله ثابت و یکنواخت بود و به ندرت بی ثباتی در نتایج ملاحظه می‌شود که آن هم به علت ته‌نشینی ذرات ریز و عمل تخمیر است که هنگام آزمایشهای مجدد و طولانی به وقوع می‌پیوندد. تنها چند اختلاف فاحش در نتایج دیده می‌شود که ناشی از اشتباه در آزمایش بوده است.

بحث و تفسیر نتایج

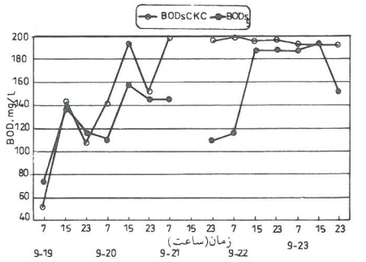
در شرایط آزمایشگاهی روش BOD-2000 بدون تردید نتایج عالی از اندازه‌گیری BOD به دست می‌دهد. با این حال اگر بخواهیم از این روش برای کنترل فرایند تصفیه‌خانه‌های فاضلاب استفاده کنیم احتیاج به ملاحظات بیشتری است.

چون زمان لازم برای این آزمایش ۳۰ دقیقه است که نسبت به زمان طولانی BOD_5 استاندارد بسیار کمتر است، در حال حاضر می‌توان از این دستگاه در آزمایشگاه برای نمونه‌های تصادفی از فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه که در فواصل معین گرفته می‌شوند استفاده نمود.

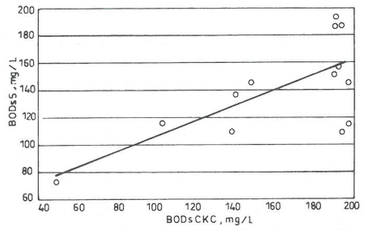
جهت رفع نیاز به اپراتور برای جمع‌آوری نمونه‌های مکرر، بهتر است روش اتوماتیک برای اینکار در نظر گرفته شود. چون این دستگاه به علت داشتن بیوسنسور از نظر دما محدودیت دارد باید این دستگاه را در مکانی قرار دارد که از حرارت زیاد در امان باشد. این دستگاه برای جمع‌آوری نمونه مجهز به پمپ می‌باشد و در صورت استفاده از این پمپ برای نمونه‌برداری باید از قسمت ورودی تصفیه‌خانه تا جایگاه دستگاه لوله‌کشی صورت گیرد و لازم است تمهیدات لازم برای جلوگیری از گرفتگی لوله‌ها مثلاً استفاده از صافی، شستشو با هیپوکلریت سدیم یا دیگر گندزداها، تمیز کردن به روش مافوق صوت یا هر روش مناسب دیگر در نظر گرفت.

آزمایش حساسیت دستگاه نسبت به نوسانات شوری فاضلاب پیش نیاز دیگری است که برای استفاده از این دستگاه در تصفیه‌خانه شهرهایی مانند لس‌آنجلس مطرح است. در چند سال اخیر نوسانات زیادی در شوری فاضلاب لس‌آنجلس ثبت شده است که مربوط به بارندگیهای کم تا بارندگیهای بسیار شدید است. در طراحی دستگاه حساسیت بیوسنسور نسبت به نوسانات دما و pH مد نظر قرار گرفته است. توضیح اینکه یک محفظه با حرارت ثابت برای مخزن جریان و لوله‌های هدایت جریان در نظر گرفته شده و همچنین نمونه ورودی با بافر فسفات در pH برابر ۷ مخلوط می‌شود تا pH نیز تنظیم گردد ولی برای تغییرات شوری تدبیری اتخاذ نشده است.

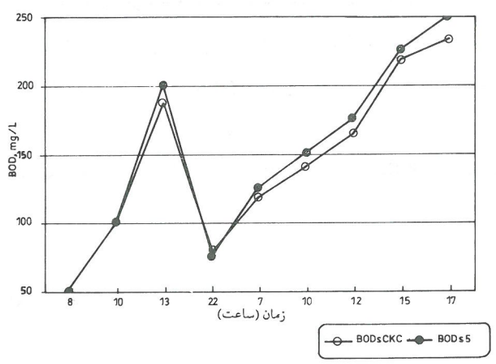
در این ارتباط مواد **سمی نیز مطرح** هستند. در صورتی



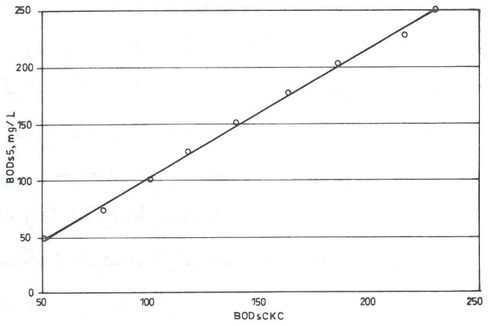
شکل ۷a: نمودار زمانی نتایج حاصل از BOD دستگاهی و BOD_5 بر روی نمونه‌های فاضلاب خروجی اولیه فیلتر شده (بدون فیلتر)



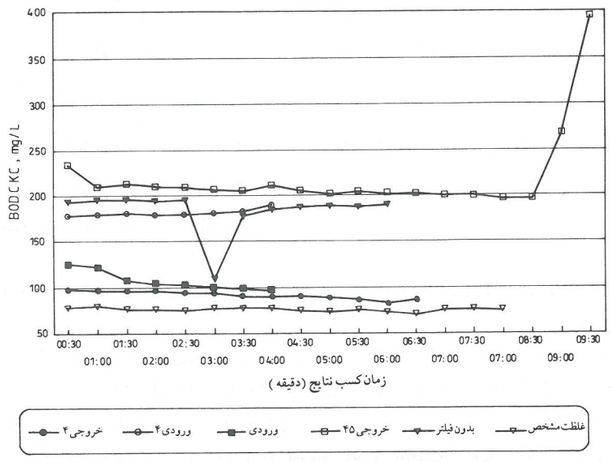
شکل ۷b: ارتباط بین نتایج حاصل از BOD دستگاهی و BOD_5 بر روی نمونه‌های فاضلاب ورودی اولیه فیلتر شده (بدون فیلتر)



شکل ۸a: نمودار زمانی نتایج دستگاهی و BOD_5 بروی نمونه‌هایی با BOD مشخص



شکل ۸b: نمودار بین نتایج دستگاهی و BOD_5 بروی نمونه‌هایی با BOD مشخص



شکل ۹- تداوم نتایج کسب شده از دستگاه

که سمیت به اندازه‌ای باشد که تغییرات ناگهانی در حساسیت بیوسنسور ایجاد کند، این سمیت در فاز کالیبراسیون دستگاه در هر اندازه‌گیری مشخص می‌شود. یک تغییر جزیی در برنامه‌ریز پردازنده موجب ارتقای توانایی دستگاه برای ثبت چنین وقایعی می‌شود.

تا زمانی که یک تکنولوژی مناسب وجود دارد که از طرف آژانسهای قانونگذاری دیکته شده باشد، برای جایگزین کردن آن با تکنولوژی جدیدتر دلایل مستدلی لازم است. همین امر در مورد آزمایش BOD پنج روزه و آزمایش با این دستگاه که نتایج را در چند دقیقه ارائه می‌دهد وجود دارد. قانون NPDES آمریکا پایش کیفیت پساب خروجی از تصفیه‌خانه را بر اساس BOD پنج روزه و نمونه‌گیری مرکب ۲۴ ساعته می‌داند. بنابراین از دیدگاه قانونی نتایج حاصل از دستگاه با توجه به قانون NPDES قابل قبول نخواهد بود ولی چون بین نتایج حاصل از دستگاه و BOD ارتباط بسیار خوبی برقرار است لذا تایید این دستگاه از طرف مسئولین جهت پایش جریان خروجی بعید به نظر نمی‌رسد. ولی به هر صورت در حال حاضر استفاده از BOD پنج روزه مورد نیاز است.

هزینه‌هایی که در نتیجه بهم خوردن فرایندها ایجاد می‌شود شامل : مذاکرات تلفنی و مکاتبات با آژانسهای قانونگذاری، افزایش فعالیت آزمایشگاهی، اضافه کار بسیاری از کارکنان و متخصصان، انرژی بیشتر برای تغییر در نحوه کارکرد تصفیه‌خانه و جریمه احتمالی می‌باشد .از آنجایی که آزمایش استاندارد BOD_5 به علت زمان طولانی نمی‌تواند از بهم خوردن فرایندهای معمول تصفیه‌خانه‌ها جلوگیری کند، هزینه واقعی نگهداری و بهره‌برداری از سیستم جاری شامل هزینه انجام آزمایشات و هزینه ناشی از بهم خوردن روند عادی تصفیه‌خانه در اثر وارد شدن شوک به آن است. این هزینه باید با هزینه استفاده از دستگاه BOD که در زمانی کوتاه انجام می‌شود و هرگونه اختلالی را هشدار می‌دهد مقایسه گردد.

نتیجه

نتیجه کلی اینکه روش BOD-2000 نتایج خوبی در مورد BOD فاضلاب به دست داده و زمان لازم برای این روش صدها برابر کمتر از روش استاندارد BOD_5 است. از اینرو استفاده از این دستگاه برای کنترل تصفیه‌خانه و جلوگیری از وارد شدن شوک به تصفیه‌خانه اجتناب ناپذیر است. در صورتی که این دستگاه در شرایط دمایی مناسب قرار داده شود و نمونه‌های جریان ورودی به حوضچه ته‌نشینی که هر چند ساعت یکبار جمع‌آوری می‌شوند صاف شوند، می‌توان از آن برای آزمایش BOD استفاده نمود.

ضمیمه :

BOD-2000 : دستگاه کوچک اندازه‌گیری BOD تهیه شده توسط CKC

BOD_{ckc} : مقدار BOD به دست آمده توسط دستگاه BOD-2000

BOD_{sckc} مقدار BOD محلول به دست آمده توسط دستگاه BOD-2000 (مربوط به نمونه‌های صاف شده)

توضیح : لازم به تذکر است که این مقاله در مجله ASCE پذیرفته شده و در سال جاری میلادی منتشر خواهد شد.

منابع و مراجع :

1- APHA (1992)." *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater",18th* APHA ,AWWA ,WPCF.

2- Bond,R.G. and Straub,C.P.(1973)." *Handbook of Environmental Control*". 664-687.

3- Harita, K., Otani, Y., Hikuma, M.and Yasuda, T.(1985). " *BOD Quick Estimating System Utilizing a Microbial Electrode.*" Proc., 4th IAWPRC Topical Workshop on Instrumentation and Control of Water and Wastewater Treatment and Transport Systems, Houston and Denver, IAWPRC, R.A.R. Drake, ed., 529-532.

4-Gunther,R.,(1987)." *3-Minute BOD Assessments.*" InTech,45-50

5- Ehntholt,D.J., Tayor,R.F. and Misco, E.V.(1992)." *Emerging Chemical Sensor Technologies for Use in On-Line Applications,*"ISA Transaction,(31/4),67-73.

6- Hikuma,M., Suzuki, H., Yasud, T.,Karube,I. and Suzuki,S.(1979)." *Amperometric Estimation of BOD by Using Living Immobilized Yeasts.*" European Journal of Applied Microbiology and Biotechnology, (8),289-297.

7- Karube, I., Matsunaga,T. and Suzuki, S. (1977)." *A New Microbial Electrode for BOD Estimation,*" Journal of Solid Phase Biochemistry,(2/2),97-105.

8- Nissin BOD Rapid Measuring Instruments*: BOD-2000 and BOD-2200 Instruction Manuals.* (1993 and 1994). Central Kagaku Corporation (CKC).

9- Karube,I., Mitsuda,S.,Matsunaga,T. and Suzuki, S.(1977)." *A Rapid Method for Estimation of BOD by Using Immobilized Microbial Cells.*" Journal of Fermentation Technology, (55/3),243-248.

10- Karube,I., Matsunaga, T., Mitsuda,S. and Suzuki, S. (1977). " *Microbial Elecrode BOD Sensors,*" Biotechnology and Bioengineering,(19),1535-1547.

پاسخهای زیر مربوط به سؤالات صفحه ۵۰ می‌باشد.

جوابها

۱- حداقل ۰/۳ متر آب بایستی قبل از ورود اولیه فاضلاب در برکه وجود داشته باشد تا از قرار گرفتن در معرض اتمسفر جامدات فاضلاب و متعاقباً ایجاد بوی نامطبوع جلوگیری نماید.

۲- راه‌اندازی برکه‌ها در ماههای گرم سال به علت بالاتر بودن دما و راندمان تصفیه بهتر فرایندهای برکه می‌باشد.

۳- رنگ سبز برکه نشانگر تولید میزان مطلوبی از جلبک است و علامت خوبی برای موفقیت‌آمیز بودن راه‌اندازی است.

۴- خروج حبابهای گاز در ناحیه نزدیک ورودی برکه نشانگر تجزیه شدن جامدات ته‌نشین شده فاضلاب توسط فرایندهای باکتریایی بیهوازی می‌باشد.

۵- تجمع کفاب بر روی سطح برکه جلوه ظاهری نامناسب ایجاد کرده ، از ورود نور خورشید به برکه و رشد جلبکها جلوگیری کرده و جلبکهای تولید کننده بو ممکن است بر روی کفاب رشد کنند . همچنین کفاب می‌تواند برای پرندگان منبع ایجاد مسمومیت حاد باشد.

۶- کفاب را می‌توان با چنگک ، جت آب فشار بالا و یا با استفاده از قایقها شکست .

۷- اکثر بوها در برکه در اثر بارگذاری بیش از حد و بی‌برنامه بودن راهبری و نگهداری بوجود می‌آید.

۸- برنامه دقیقی برای کنترل بو باید ایجاد گردد. به عنوان مثال مواد شیمیایی کنترل بو باید قبل از ایجاد بو خریداری و موجود باشد. نیترات سدیم یا هواده شناور در کنترل بو و بهبود تصفیه فاضلاب مفید می‌باشند.

۹- علف در داخل و اطراف برکه پناهگاهی برای تخم‌ریزی پشه‌ها و تجمع کفاب بوده و جریان در برکه را نیز مختل می‌سازد.

۱۰- پایین آوردن سطح آب برکه به منظور بهبود مرگ و میر حشرات و کاهش اثر حشره‌کش بر آبهای پذیرنده در اثر ایجاد زمان ماند حداقل یک روز برای حشره‌کشها صورت می‌گیرد. پایین آوردن سطح باعث خشک شدن علفها و حشرات نیز می‌شود.

۱۱- محتویات برکه به منظور اختلاط جلبکها و دیگر موجودات هوازی با فاضلاب ورودی واگردانی می‌شود.