بررسی دترجنت‌ها در زاینده رود

محمدرضا شاهمنصوری * محمد مهدی امین ** مرضیه وحید دستجردی **

چکیده

دترجنت به انواعی از ترکیبات آلی اطلاق می‌گردد که دارای خاصیت جذب سطحی هستند و به عنوان پاک‌کننده مورد استفاده قرار می‌گیرند. به علت اینکه دترجنتها حاوی تعدادی از ترکیبات مکمل نظیر فسفاتها می‌باشند، دفع آنها از طریق فاضلاب و ورود آنها به منابع آبهای‌سطحی همواره مشکلات زیست محیطی را به همراه داشته است. در این مطالعه، مقدار دترجنتهای آنیونی در ۱۲ ایستگاه در طول زاینده‌رود اصفهان، از تونل کوهرنگ در بالاترین نقطه تا ورزنه در پایین‌دست رودخانه به مدت یکسال و بطور ماهیانه اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که غلظتهای بالا ۰/۶ mg/L - ۰/۳ مربوط به ایستگاههای پل آبشار، پل زیار، اژیه و ورزنه است که این ایستگاهها در مجاورت یا پایین‌دست بزرگترین منبع نقطه‌ای تخلیه، یعنی تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب اصفهان واقع شده‌اند. غلظتهای متوسط در دامنه ۰/۳۵mg/L - ۰/۱ مربوط به ایستگاههای سد چم‌آسمان و مقابل چاههای فلمن به علت مجاورت این محلها با منابع نقطه‌ای کوچک تخلیه، همچون شهرهای باغ بهادران، فلاورجان و درچه می‌باشد. غلظتهای کم در دامنه ۰/۱mg/L - ۰ مربوط به سایر ایستگاههای نمونه‌برداری است.

مقدمه

عنوان دترجنت[1] برای انواع وسیعی از مواد پاک‌کننده به کار می‌رود. اجزای اصلی دترجنتها مواد آلی هستند که دارای خاصیت « فعال سطحی » در محلولهای آبی بوده و « عوامل فعال سطحی یا سورفاکتانت[2] » نامیده می‌شوند. سورفاکتانتها عمدتاً از طریق مواد زائد آبکی حاصل از لباسشویی‌های خانگی و سایر عملیات شستشو و نیز از طریق فاضلابهای صنعتی وارد آبها و فاضلابها می‌شوند [۱ و ۲].

از سال ۱۹۴۵ انواع وسیعی از دترجنتهای سنتتیک که معمولاً سیندات[3] نامیده می‌شوند به عنوان جانشینی برای صابون پذیرفته شده است. مزیت اصلی آنها این است که با یونهای عامل ایجاد سختی، تشکیل رسوب نامحلول نمی‌دهند. اغلب دترجنتها حاوی ۲۰ تا ۳۰٪ سورفاکتانت و ۷۰ تا ۸۰٪ از مواد پرکننده[4] می‌باشند. مواد پرکننده معمولاً عبارتند از: سولفات سدیم، تری پلی فسفات سدیم، سیلیکات سدیم و سایر موادی که خواص پاک‌کنندگی جزء فعال (سورفاکتانت) را افزایش می‌دهند.

کلیه سورفاکتانتها دارای ملکولهای قطبی نسبتاً بزرگ هستند. هر ملکول منفرد متشکل از ترکیب یک گروه

---

*- عضو هیئت علمی گروه بهداشت محیط - دانشکده دانشگاه اصفهان

**- گروه بهداشت محیط - دانشکده بهداشت دانشگاه اصفهان

1- Detergent 2- Surfactant

3- Syndet (Syntetic Detergent) 4- Builders

هیدروفوبیک قوی با یک گروه هیدروفیلیک قوی می‌باشد. بطوری که یک انتهای ملکول کاملاً محلول در آب و طرف دیگر به سهولت در روغنها حل می‌شود. قابلیت حل در آب به خاطر گروههای کربوکسیل، سولفات، هیدروکسیل یا سولفونات است. این ملکولها تمایل به تجمع در مرز مشترک بین مایع حلال آبکی و سایر فازهای سیستم مانند هوا، مایعات روغنی و ذرات را دارند. بنابراین دارای خواصی مثل کف‌کنندگی، ایجاد امولسیون و تعلیق ذرات می‌باشند. سورفاکتانتهای دارای گروههای کربوکسیل، سولفات و سولفونات همه به صورت نمکهای سدیم یا پتاسیم مورد استفاده قرار می‌گیرند و ملکول سورفاکتانت را می‌توان به صورت زیر نشان داد [۱ و ۲]:

قسمت محلول در آب	قسمت محلول در چربی
$-COO^-Na^+$	
$-SO_4^-Na^+$	گروه آلی
$-SO_3^-Na^+$	
-OH	

انواع سورفاکتانتها و ساختمان آنها :

سورفاکتانتهای سنتتیک بر اساس تفاوت در قسمت آلی ملکول آنها در سه نوع عمده تقسیم‌بندی می‌شوند. اول گروه هیدروفوبیک که معمولاً دارای یک رادیکال هیدروکربن (R) حاوی تقریباً ۱۰ تا ۲۰ اتم کربن می‌باشند. دوم گروههای هیدروفیلیک که دو نوع هستند: آنهایی که در آب یونیزه شده (یونی) و آنهایی که در آب یونیزه نمی‌شوند (غیریونی). سوم سورفاکتانتهای یونی که با توجه به بار الکتریکی آنها به دو دسته تقسیم می‌شوند: سورفاکتانت آنیونی که دارای بار منفی است مثل $Na^+ (RSO_4)^-$، و نوع کاتیونی که دارای بار مثبت مثل $(RMe_4)^+ CL^-$ می‌باشد. سورفاکتانتهای غیریونی معمولاً حاوی یک گروه هیدروفیلیک پلی‌اکسی‌اتیلن می‌باشند، ($ROCH_2CH_2OCH_2CH_2.....OCH_2CH_2OH$) و بطور اختصاصی با فرمول RE_n نشان داده می‌شوند. در این فرمول n متوسط واحدهای $-OCH_2CH_2-$ در گروه هیدروفیلیک است [۳].

سورفاکتانتهای آنیونی دارای مصارف شستشوی خانگی و صنعتی بوده و در مقایسه با دو نوع دیگر، بیشترین مصرف را دارند. مقدار مصرف سورفاکتانتهای یونی در حدود $\frac{2}{3}$ کل سورفاکتانتهای مورد استفاده را تشکیل می‌دهند. مقدار مصرف سورفاکتانتهای کاتیونی، تاکمتر از $\frac{1}{10}$ دیگر انواع یونی را تشکیل می‌دهند. بعبارتی، سورفاکتانتهای آنیونی بیشترین مصرف را دارند.

مقدار دترجنت موجود در فاضلاب خانگی بین ۱ تا ۲۰mg/L متغیر است. غلظت این ترکیبات در لجن اولیهٔ تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری بین ۱-۲mg/L سورفاکتانت آنیونی به ازای هرگرم وزن خشک لجن، تغییر می‌یابد [۳].

اثر دترجنت‌ها در محیط زیست

حضور دترجنتها در منابع آبهای سطحی موجب بروز مشکلات زیست محیطی می‌گردد که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

ایجاد کف بر روی سطح آب که در فرایند هوادهی در عملیات تصفیه آب یا فاضلاب اختلال ایجاد می‌کند، در تصفیه‌خانه‌های آب موجب وقفه در عمل انعقاد و ته‌نشینی می‌گردد، در غلظت بالا بر طعم و مزه آب آشامیدنی تأثیر خواهد گذاشت، موجب انحلال بیشتر مواد آلی زیان‌آور و پایداری آنها در آب خواهد شد و به هنگام تجزیه دترجنت‌ها، اکسیژن محلول در آب ضمن عمل تجزیه هوازی کاهش می‌یابد. علاوه بر این، ترکیبات همراه شده با دترجنتها حاوی ترکیبات فسفاته می‌باشد. فسفات که یکی از عناصر ضروری برای رشد جلبکهاست، تأثیر قابل ملاحظه‌ای در ایجاد حالت

پرغذایی (اوتریفیکاسیون) منابع آبهای سطحی دارد. همچنین حضور فسفات در فرایند تصفیه آب، بخصوص انعقاد شیمیایی، به منظور حذف کدورت آب دخالت می‌نماید [۱، ۲، ۳].

مواد و روشها

در این مطالعه، نمونه‌برداری از ۱۲ ایستگاه مشخص در طول زاینده‌رود شامل ایستگاههای تونل اول و دوم کوهرنگ، چشمه دیمه، سد زاینده‌رود، قلعه شاهرخ، اسکندری، پل‌زمانخان، سد چم‌آسمان، مقابل چاههای فلمن، سد آبشار، زیار و ورزنه انجام شد (شکل ۱). نمونه‌برداری به مدت یک سال، از آبان‌ماه ۱۳۷۲ تا مهرماه ۱۳۷۳ انجام گرفته و در هر ماه، یک سری (۱۲ نمونه) برداشته می‌شد. بر روی کلیه نمونه‌ها آزمایش سورفاکتانتهای آنیونی (که بیشترین مصرف را در مقایسه با دو نوع دیگر دارد) بر اساس روشهای آزمایش در مرجع شماره [۴] صورت گرفت. دمای نمونه‌ها در محل نمونه‌برداری ثبت می‌گردید. برای دقت در نمونه‌برداری، علاوه بر رعایت موارد و نکات ویژه نمونه‌برداری، نکات ذیل مورد توجه قرار می‌گرفت:

(۱) افزودن کلروفرم در حد ۰/۲٪ (۰/۵mL در هر شیشه نمونه‌برداری با حجم ۲۵۰mL) به عنوان یک نگهدارندهٔ مؤثر، این ماده به عنوان حلال در روش آنالیز بکار می‌رود.

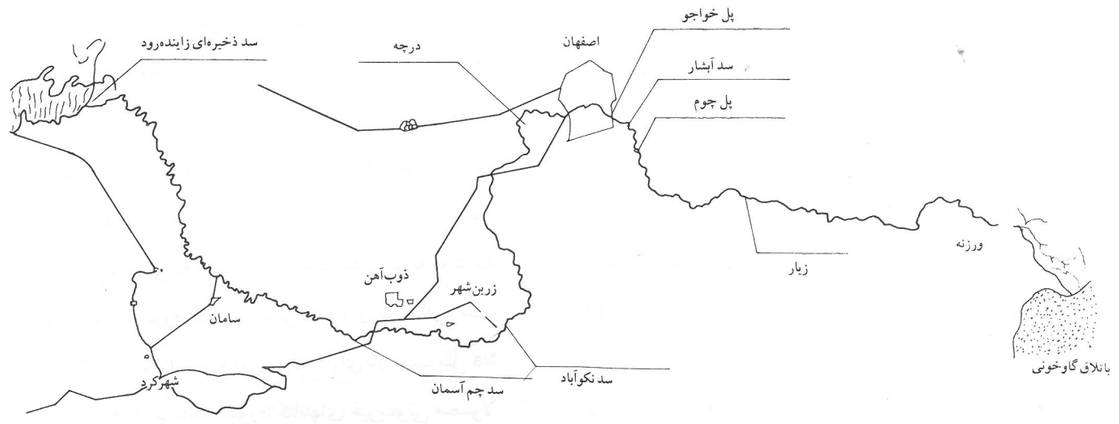
(۲) نگهداری نمونه‌ها در دمای پایین به عنوان یکی از مؤثرترین روشهای پذیرفته شده برای جلوگیری از تجزیهٔ سورفاکتانت توسط باکتریهای فعال.

(۳) نهایت دقت در برداشتن نمونه‌ها و مقدار بالکینگی که همراه نمونه برداشت می‌شود.

(۴) پیشگیری از ایجاد «کف»، زیرا سورفاکتانتها در داخل «کف» متراکم می‌شوند، و مهمترین نکته اینکه، غلظت سورفاکتانت در داخل «کف» همیشه بیشتر است و در طی نمونه‌برداری نسبت مناسبی از «مایع و کف» برداشت شده است.

برای تهیهٔ منحنی‌های کالیبراسیون، ۱۴ رقت در محدودهٔ ۲mg/L – ۰ از محلول استاندارد LAS، ۷ رقت اول با فاصله ۰/۱ (۰/۶ mg/L – ۰) و ۷ رقت دوم با فاصله ۰/۲ (۲mg/L – ۰/۶) تهیه شد. روش تعیین مقدار سورفاکتانتهای آنیونی تحت عنوان MBAS[1] [۴] روی کلیهٔ محلولهای استاندارد انجام گردید که اصول کار در ادامه آمده است.

1- MBAS = Methylene - Blue Active Substances



شکل ۱ – موقعیت رودخانه زاینده‌رود و ایستگاههای نمونه‌برداری

تعیین مقدار سورفاکتانتهای آنیونی با روش مواد فعال متیلن بلو MBAS:

در این روش متیلن بلو را به عنوان یک عامل کاتیونی، از یک محلول آبکی به داخل یک مایع آلی غیرقابل اختلاط تا رسیدن به تعادل سورفاکتانت عصاره گیری می‌کنند. این عمل از طریق تشکیل یک جفت یون شامل آنیون MBAS و کاتیون متیلن بلو انجام می‌شود. شدت رنگ حاصل در فاز آلی، تعیین کننده غلظت MBAS است. سورفاکتانتهای آنیونی، در بین بسیاری از مواد اعم از طبیعی و سنتتیک با نشان دادن فعال متیلن بلو شاخص‌تر می‌باشند. روش MBAS برای برآورد مقادیر سورفاکتانت آنیونی در آبها و فاضلابها بکار می‌رود، اما امکان وجود عوامل مداخله گر را نبایستی نادیده گرفت. این روش برای تعیین غلظت سورفاکتانت‌های آنیونی دقیق بوده و مشتمل بر سه استخراج متوالی از محلول آبکی محیط اسیدی حاوی مقادیر اضافی متیلن‌بلو به داخل کلروفرم ($CHCl_3$) می‌باشد، که بوسیله شستشوی معکوس توسط یک محلول آبکی و اندازه گیری رنگ آبی در داخل کلروفرم با استفاده از اسپکتروفتومتر در ۶۵۲nm اندازه گیری می‌شود. در این مطالعه سورفاکتانتهای آنیونی بر اساس روش فوق آنالیز گردیده‌اند [۴ و ۵].

نتایج و بحث

اطلاعات بدست آمده از تعیین مقدار سورفاکتانتهای آنیونی بر روی نمونه‌ها در نمودارهای (۱) تا (۱۲) ارائه گردیده است.

بطور معمول غلظت سورفاکتانت‌ها در آبهای سطحی و در مجاورت محلهای بزرگ تخلیه و سایر ورودی‌های منابع نقطه‌ای بیشتر است. با توجه به اطلاعات بدست آمده نتایج زیر گرفته می‌شود:

– بالا بودن غلظت درجنت در پل آبشار، پل زیار و ورزنه نسبت به سایر نقاط، به دلیل واقع شدن این نقاط در مجاورت یا پایین‌دست بزرگترین منبع نقطه‌ای تخلیه، یعنی تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب اصفهان است. دامنه غلظتها در این ناحیه بین ۰/۶ mg/L – ۰/۳ می‌باشد.

– غلظتهای متوسط در دامنهٔ ۰/۳۵mg/L – ۰/۱ مربوط به ایستگاههای سد چم‌آسمان و مقابل چاههای فلمن به علت مجاورت این محلها با منابع نقطه‌ای کوچک تخلیه، همچون شهرهای باغ‌بهادران، فلاورجان و درچه می‌باشد. منطقه آبگیری یا تغذیه‌کنندهٔ چاههای فلمن، بویژه در صورت مشاهدهٔ «کف» در آب این چاهها، بایستی بیشتر مورد توجه قرار گیرد.

– در چهار سری اول نمونه‌برداری (ماههای آبان، آذر، دی، بهمن)، غلظتها از سری اول تا چهارم به مقدار کمی افزایش یافته، که علت آن ممکن است کاهش دبی آب رودخانه از آبان‌ماه تا بهمن‌ماه باشد (به علت بارندگی کم در سال ۱۳۷۲). از طرفی، متناسب با فرا رسیدن ماههای زمستان و کم شدن دمای آب احتمالاً باعث کاهش تجزیهٔ بیولوژیکی دترجنتها در رودخانه می‌شود.

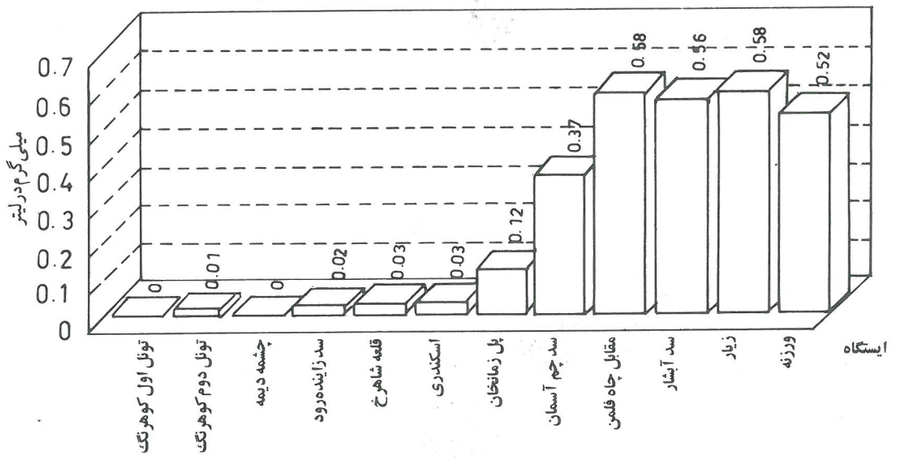
پیشنهادات

مسائل زیست محیطی و راه حل‌های مربوطه که بایستی در مورد تخلیهٔ پسابهای حاوی دترجنتها به رودخانه زاینده‌رود مورد نظر قرار گیرد، به شرح زیر پیشنهاد می‌گردند:

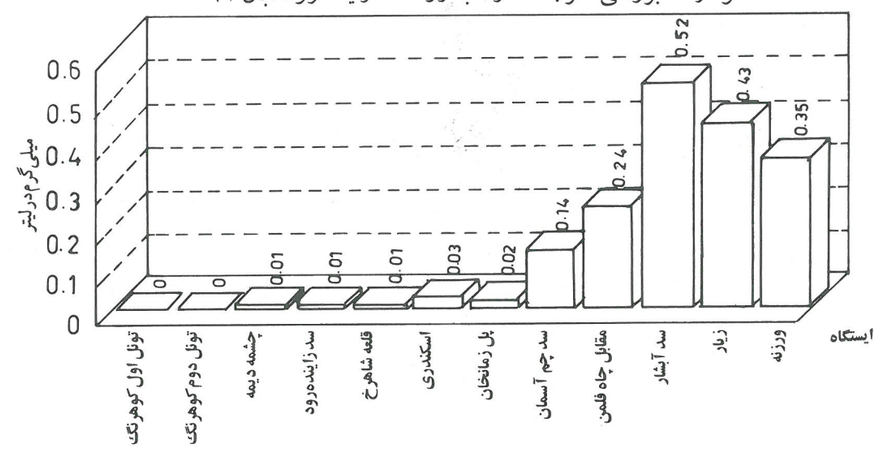
۱) **عدم قابلیت تجزیه بیولوژیکی**: ظهور مشکلات با ایجاد کف بر روی رودخانه و حتی مشاهده کف در آب چاههای نزدیک محل تخلیه پسابها.

در سورفاکتانتهای نوع سخت (ABS با زنجیره‌های آلکیل شاخه‌دار)، یا غیر قابل تجزیه بیولوژیکی میکروارگانیسم‌ها بطور همزمان به دو اتم کربن زنجیره‌های جانبی می‌چسبند و در صورتی که کربن نوع سوم (یعنی کربنی که فقط گروههای آلکیل به آن می‌چسبد) در دسترس میکروارگانیسم‌ها قرار گیرد، فرایند

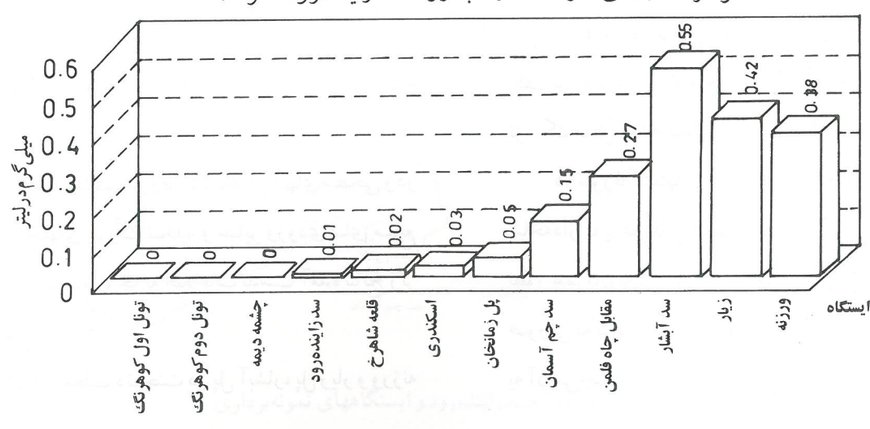
نمودار ۱ : بررسی دترجنت در آب رودخانه زاینده‌رود مهر ۷۲



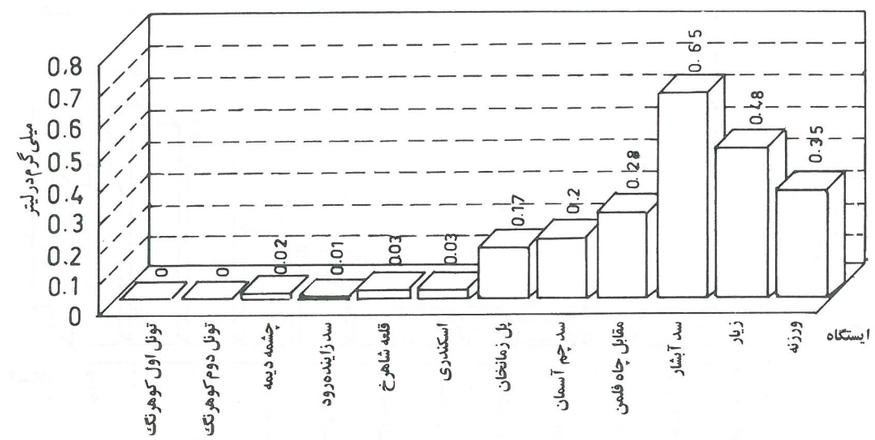
نمودار ۲ : بررسی دترجنت در آب رودخانه زاینده‌رود آبان ۷۲



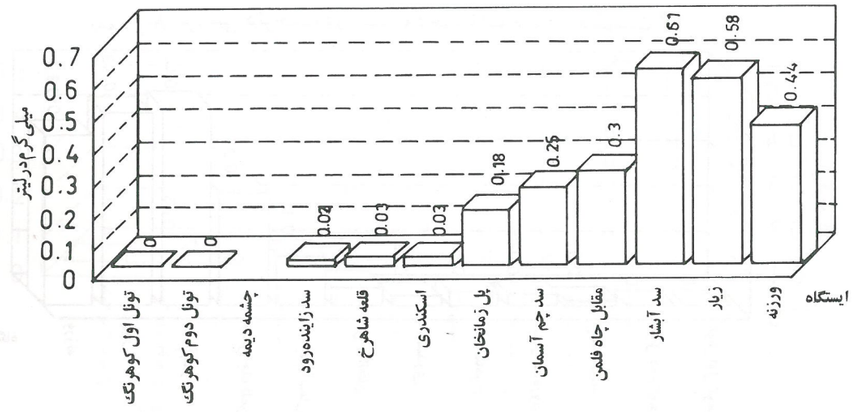
نمودار ۳: بررسی دترجنت در آب رودخانه زاینده‌رود آذر ۷۲



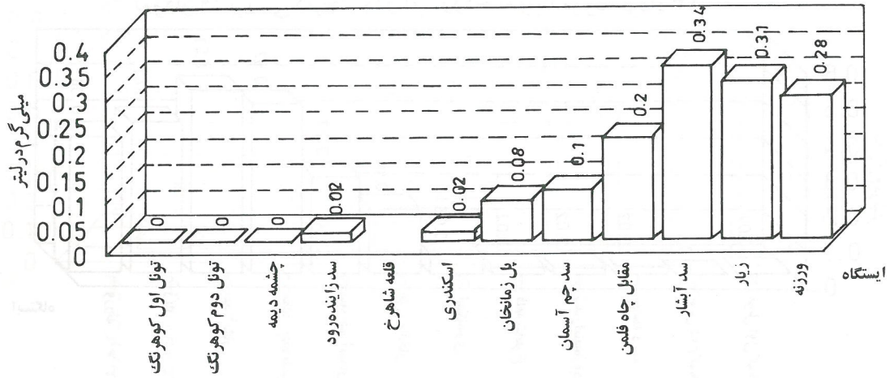
نمودار ۴: بررسی دترجنت در آب رودخانه زاینده‌رود دی ۷۲



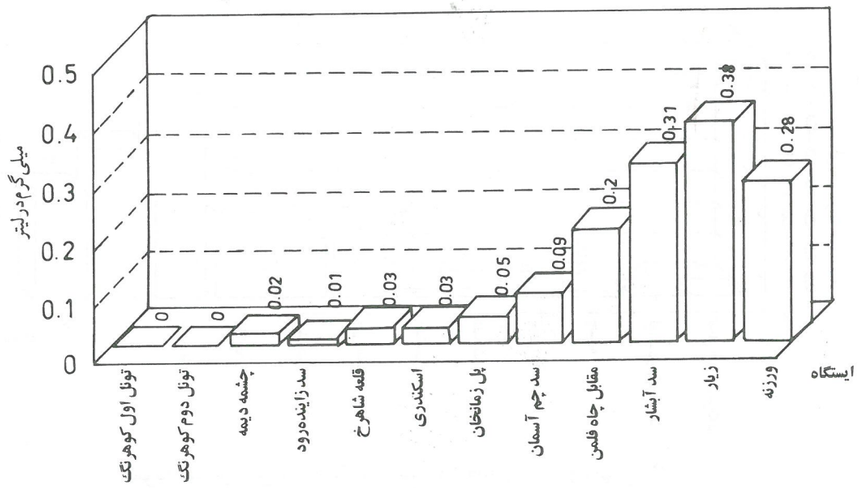
نمودار ۵: بررسی دترجنت در آب رودخانه زاینده‌رود بهمن ۷۲



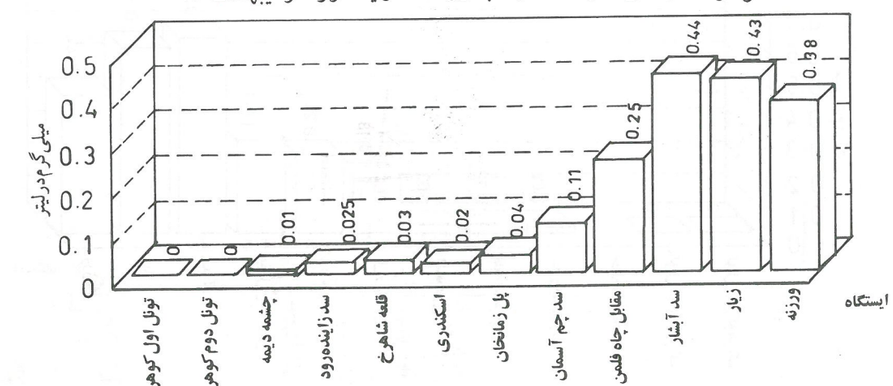
نمودار ۶: بررسی دترجنت در آب رودخانه زاینده‌رود اسفند ۷۲



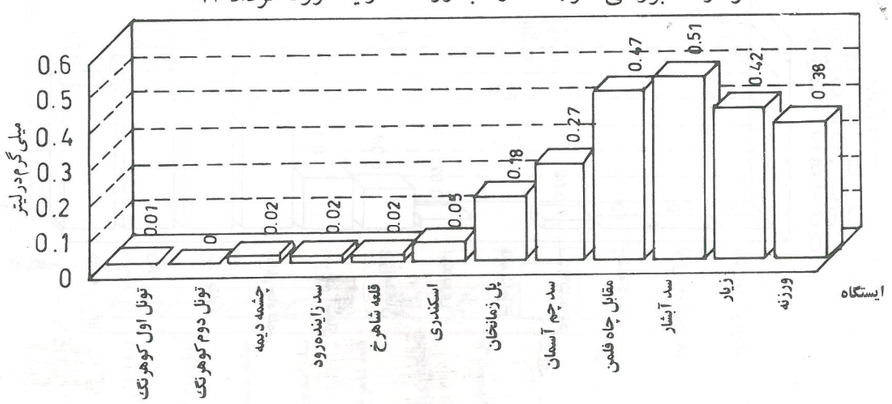
نمودار ۷: بررسی دترجنت در آب رودخانه زاینده‌رود فروردین ۷۳



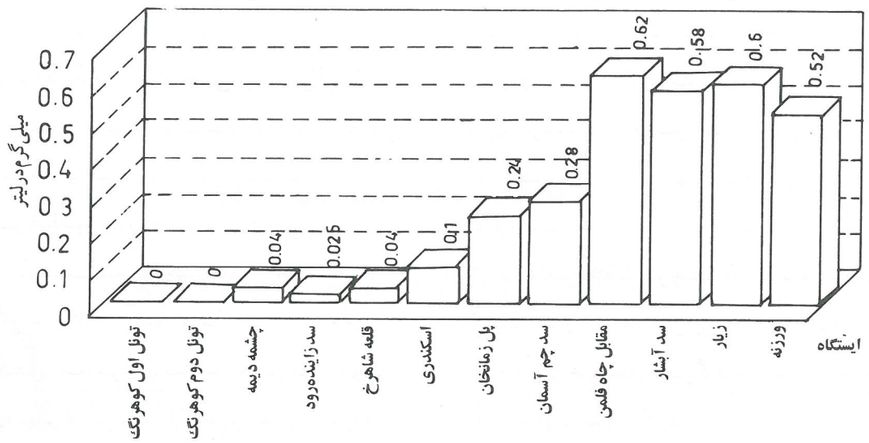
نمودار ۸: بررسی دترجنت در آب رودخانه زاینده‌رود اردیبهشت ۷۳



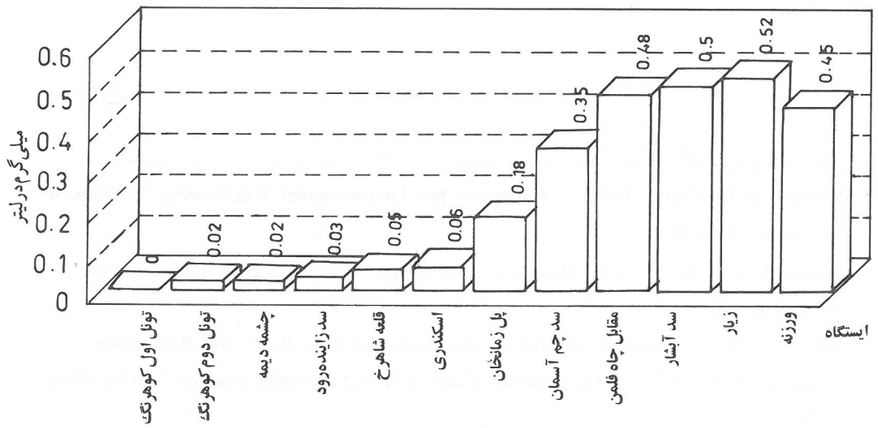
نمودار ۹: بررسی دترجنت در آب رودخانه زاینده‌رود خرداد ۷۳



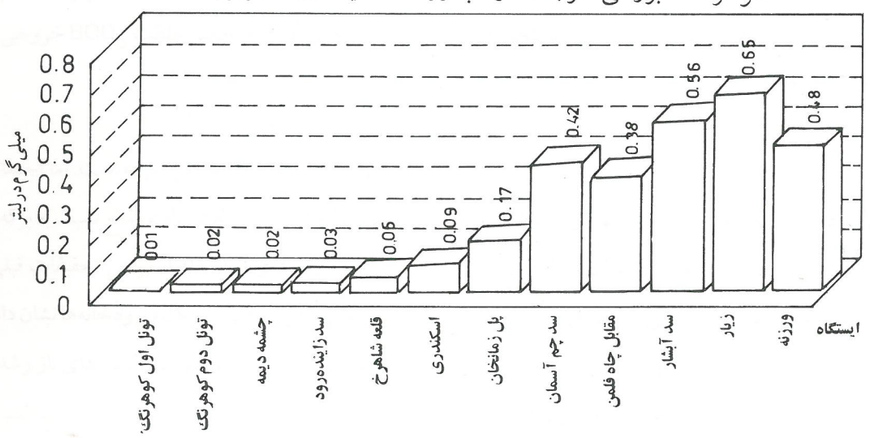
نمودار ۱۰- بررسی دترجنت در آب رودخانه زاینده‌رود تیر ۷۳



نمودار ۱۱- بررسی دترجنت در آب رودخانه زاینده‌رود مرداد ۷۳



نمودار ۱۲- بررسی دترجنت در آب رودخانه زاینده‌رود شهریور ۷۳



متوقف می‌شود. بر این اساس محدوده غلظت ABS در استانداردهای آب آشامیدنی معادل ۰/۵mg/L معین گردیده است. لذا به خاطر ملاحظات زیست‌محیطی توصیه می‌گردد که صنایع تولید دترجنت به تولید سورفاکتانتهای نوع نرم یا LAS توجه نموده و سازمانهای مسئول بر این امر مراقبت نمایند.

۲) **اوتریفیکاسیون**: ورود فسفاتهای موجود در محصولات دترجنت به رودخانه‌ها با ایجاد شرایط اوتریفیکاسیون به علت افزایش غلظت فسفر در این منابع همراه است و لذا به منظور جلوگیری از پیدایش چنین پدیده‌ای، برقراری محدودیتهای قانونی و نیز تأکید بر تصفیهٔ پیشرفتهٔ فاضلاب با تأکید بر حذف ازت و فسفر پیشنهاد می‌گردد.

۳) **کنترل غلظت بور** (Boron): لزوم ایجاد محدودیت در صورت استفاده از « پربورات سدیم » در فرایند تولید دترجنت ضروری است، زیرا وارد شدن آن به آب کشاورزی می‌تواند دارای اثرات مضر بر محصولات کشاورزی باشد. عدم حضور این عنصر اخیراً در منابع آبهای آشامیدنی نیز مورد تأکید قرار گرفته است.

۴) **تعیین غلظت دترجنتها**: در آنالیزهای معمول کنترل کیفیت آب رودخانه، تعیین این عناصر مد نظر قرار گیرد تا هر گونه افزایش غیر منطقی معین گردیده و نسبت به عواقب ناشی از آن اقدام مؤثر صورت گیرد.

منابع

۱- شاه‌منصوری،م.ر. و ا. موحدیان،. ۱۳۷۲، شیمی محیط زیست، انتشارات دانشگاه علوم پزشکی اصفهان.

2- Sawyer & McCarty (1978). " ***Chemistry for Environmental Engineering*** ", Chap. 4 McGraw - Hill, N.Y.

3- Wooliatt, E. (1985). " ***The Manufacture of Soaps, other Detergents and Glyecrine*** " John Wiley & Sons.

4- APHA. (1985). " ***Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*** ".

5- Longman, G.F. (1975). " ***The analysis of detergent and detergent products*** ". John Wiley & Sons.

Determination of Detergents in Zayanderood River

Shahmansouri, M., Amin, M., Vahyde Dastjerdy, M.
Isfahan University of Medical Science

Abstract

The term detergent is applied to a wide variety of cleansing materials. The basic ingredients of detergents are organic materials which have the property of being " surface active " in aqueous solution, and are called surfactants. As condensed phosphates are used extensively as builders in detergents, they represent a serious indirect threat to water quality.

This study was carried out at 13 stations along the main parts of Zayanderood river in order to identify the major source of detergents during 1994-95. Montly samples were taken to determine the concentration of anionic detergents.

The results show that the maximum concentration (0.3-0.6 mg/L) was measured at Abshar - Dam, Ziyar and Varzaneh, where receive effluent from South Wastewater Treatment Plant.

Average detergent concentration (0.1-0.3mg/L) was measured at Chamasman and around Felman wells where receive small amount of wastewater from small towns nearby such as, Baghbahadoran, Dorche and Flavarjan. The minimum detergent concentration (0.0-0.1 mg/L) relates to other stations.