فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی محیط زیست
سال هفتم، شماره ۲٤، پاییز ۱۳۹۲

بررسی کیفیت پساب خروجی برخی از صنایع آلاینده بندرعباس

طیبه رمضانی[۱]، فاطمه راست منش[۲]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی ، دانشگاه شیراز tr.ramezani@gmail.com

۲- استادیار دانشکده علوم زمین ، دانشگاه شهید چمران، اهواز

تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۲/۱۰ تاریخ تصویب: ۹۱/۱۲/۱۳

چکیده

به منظور بررسی کیفیت پساب برخی از صنایع آلاینده بندرعباس، ۱٦ نمونه پساب از واحدهای صنعتی مهم این شهر، برداشت شد. غلظت فلزات سنگین سرب، مس، کروم، آرسنیک، جیوه، وانادیم و نیکل به عنوان عناصر نشانگری که غلظت آنها در محیط شاخصی از آلودگی زیست محیطی محسوب می شود، اندازه گیری شد. نتایج نشان می دهد که بعضی از پساب های تخلیه شده در خلیج فارس نسبت به جیوه، آرسنیک و وانادیم آلودگی بالایی دارند که این آلودگی به احتمال زیاد ناشی از مواد سوختی مورد استفاده در این واحدهای صنعتی است. همچنین تعیین ترکیب پسابهایی که برای آبیاری به کار می روند، نشان می دهد که گرچه غلظت فلزات سنگین این پساب ها در حد استاندارد EPA (2004) است اما بیشتر آنها TDS بالایی دارند و بنابراین برای این منظور مناسب نمی باشند.

واژگان کلیدی : پساب، آلودگی فلزات سنگین، TDS، آرسنیک، استانداردEPA

مقدمه

به رغم رقابت شدید برای دستیابی به منابع کمیاب آب در بسیاری از کشورهای جهان، پساب های آلاینده صنایع مختلف در توده های طبیعی آب و یا در سطح زمین رها می شوند که به آلودگی آبهای سطحی و زیرزمینی منجر می شود. بنابراین در این کشورها با رشد فرایند صنعتی شدن به ویژه در کشورهای در حال توسعه و رهاسازی پساب و پسماند ناشی از فعالیت های صنعتی، مشکلات آلودگی زیست محیطی در این کشورها نیز افزایش می یابد [6]. اثرات زیست محیطی پساب های تخلیه شده در آب ، بیشمار است و ورود آلاینده های خطرناک به آب، حیات زیستوران این آب ها را نیز به خطر می اندازد [15]. کمبود آب از مشکلات مهم مناطق خشک و نیمه خشک است [11] و استفاده دوباره از منابع محدود آب در آبیاری و دیگر کاربردها الزامی کرده است [8].بندرعباس مرکز استان هرمزگان دارای آب و هوای گرم بوده و به دلیل بارش کم، کمبود آب از مشکلات بزرگ این شهر است. این امر نشاندهنده ضرورت استفاده مجدد از پساب در کاربردهای مختلف از جمله آبیاری

فضاهای سبزاست. رعایت نکردن استانداردهای لازم در این زمینه می تواند خطری جدی برای سلامت عمومی ایجاد کند بندرعباس به عنوان مرکز استان و نیز مرکز توسعه جنوب کشور در سالهای اخیر از رشد و توسعه قابل توجهی برخوردار بوده و بخش اعظم فعالیتهای اقتصادی استان درغرب بندرعباس متمرکز شده است. فعالیت های دریایی و حمل و نقل بندرگاهی و نیز صنایع مهم با پتانسیل آلودگی مواد نفتی مانند پالایشگاه و نیروگاه تولید برق، از فعالیت های اصلی منطقه مورد مطالعه محسوب می شود. فعالیتهای بندرگاهی مانند حمل و نقل کالا، شستشوی انواع شناورها، سوخت گیری، استفاده از انواع رنگها و گسیل های خروجی از وسایل نقلیه، پساب های مختلفی را مستقیما وارد دریا می کند. تعمیر و خوردگی مواد فلزی نیز از منابع مهم آلودگی فلزات سنگین در بندرگاه ها به شمار می-آید[8]. پالایشگاه نفت از واحدهای متفاوتی تشکیل شده است و هر واحد روزانه پساب های مختلفی را تولید می کند. پسابهای پالایشگاه دارای مواد شیمیایی مختلف مانند نفت، گریس، آمونیاک، سولفیدها، فنول، مواد جامد معلق، سیانید، ترکیبات نیتروژن و همچنین فلزات سنگینی مانند کروم، آهن، نیکل، مس، مولیبدن، سلنیم، وانادیم و روی می باشد [18]. در بسیاری از مطالعات، غلظت بالای فلزات سنگینی مانند نیکل، کروم، مس، سرب و وانادیم در اطراف نیروگاههای تولید برق نیز مشاهده شده است. در بعضی از نیروگاه ها از مازوت بعنوان سوخت استفاده می شود. مطالعه انجام شده بر روی کارگران نیروگاههای برق استفاده کننده از مازوت و گاز طبیعی نشان می دهد که زمانی که مازوت به تنهایی به عنوان سوخت استفاده می شود، محصولات فرعی ناشی از مصرف آن بر کبد و سامانه تنفسی اثرات سوء برجای می گذارد .مطالعات قبلی نشان می دهد که کیفیت آب برخی از مناطق ساحلی خلیج فارس تحت تاثیر پساب های تخلیه شده صنایع مختلف قرار گرفته است. فلزات سنگین از آلاینده های سمی و مهم موجوددر پساب های صنعتی هستند که بر بوم سامانه های محلی تاثیر قابل توجهی می گذارند. این عناصر سمی می توانند در زنجیره غذایی زیست انباشت و زیست افزایش یافته و سرانجام جذب بدن انسان به عنوان مصرف کننده نهایی غذای دریایی شوند.

بندرعباس بین مختصات جغرافیایی ٢٥ درجه و ٢٤ دقیقه تا ٢٨ درجه و ٥٧ دقیقه عرض شمالی و ٥٣ درجه و ٤١ دقیقه تا ٥٩ درجه و ١٥ دقیقه طول شرقی از نصف النهارگرینویچ قرار دارد. هدف اصلی این مطالعه بررسی کیفی و مطالعه آلودگی پساب صنایع مهم بندرعباس به فلزات سنگین و شناسایی مهمترین صنایع آلاینده با بکارگیری روشهای آماری است.

مواد و روشها

نمونه برداری و تجزیه شیمیایی

١٦ نمونه پساب از مناطق صنعتی مهم استان هرمزگان جمع آوری شد که از این تعداد ١٢ نمونه از غرب بندرعباس، که بیشتر صنایع مهم در آن قرار دارند، برداشته شده است (شکل٤). برای نمونه‌برداری از ظروف پلی‌اتیلن یک لیتری برای آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی استفاده شد. قبل از نمونه‌برداری، ظروف با استفاده از روش اسیدشویی استریل و سه بار نیز با آب مورد نظر شستشو داده

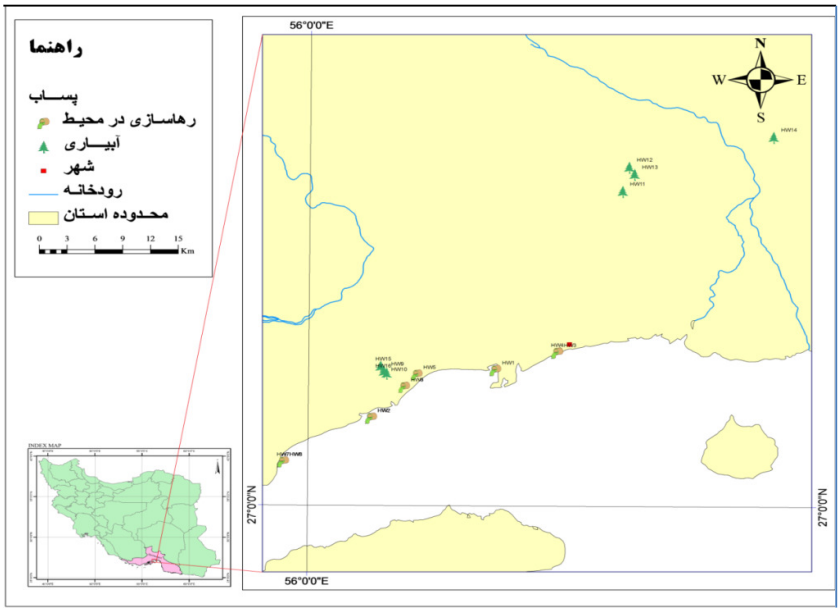
شد. پارامترهای pH، Eh، و دما در محل نمونه برداری اندازه گیری شدند. آبهای طبیعی دارای ذرات معلق و کلوئیدی (نانومترتا یک میکرومتری) می باشند. این ذرات میتوانند بر نتایج تجزیه شیمیایی آب تأثیر بگذارند، بنابراین لازم است بلافاصله پس از جمع آوری نمونه های آب، مواد جامد معلق را از راه فیلتر کردن در خلاء و با استفاده از کاغذ های فیلتر ویژه که ذرات بزرگتر از ۰/٤٥ میکرومتر را جدا می کنند، در محل نمونه برداری جداکرد. نمونه های آنیونی برای تجزیه آنیونها و کاتیونهای اصلی به آزمایشگاه زاگرس آبشناس فارس ارسال شد. نمونه هایی که برای تعیین غلظت کاتیونی برداشته شدند. محل نقاط نمونه برداری درشکل ۱ و مختصات آنها در جدول ۱ آمده است.

نمودار شوری US

نمودار شوری US در نتیجه ادغام نسبت جذب سدیم (SAR) و هدایت الکتریکی (EC) حاصل می شود که در آن EC به عنوان خطر شوری و SAR به عنوان خطر قلیایی در نظر گرفته می شود [15]. معمولا با استفاده از

جدول ۱- مختصات جغرافیایی و محل جمع آوری نمونه های پساب

نمونه	محل	مختصات (UTM)	
		طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
HW1	اسکله شهید باهنر (غرب بندر عباس)	٤٢١٠٤٣	٣٠٠٣٦٧٣
HW2	اسکله شهید رجایی (غرب بندر عباس)	٤٠٧٦٤٨	٢٩٩٧٧١٤
HW3	پالایشگاه (غرب بندر عباس)	٤٢٧٦٧٥	٣٠٠٥٨٣٤
HW4	پالایشگاه (غرب بندر عباس)	٤٢٧٦٧٥	٣٠٠٥٨٣٤
HW5	نیروگاه (غرب بندر عباس)	٤١٢٥٧٠	٣٠٠٣١٠٥
HW6	آب شیرین کن (غرب بندر عباس)	٤١١٢٢٣	٣٠٠١٥٦٧
HW7	کشتی سازی(غرب بندر عباس)	٣٩٨١٧٩	٢٩٩٢٢٥١
HW8	یدک کش (غرب بندر عباس)	٣٩٨١٧٩	٢٩٩٢٢٥١
HW9	آلومینیم المهدی (غرب بندر عباس)	٤٠٩٠٤٥	٣٠٠٣٥٤٥
HW10	آلومینیم المهدی (غرب بندر عباس)	٤٠٩٠٤٥	٣٠٠٣٥٤٥
HW11	شیلات	٤٣٤٧٥٥	٣٠٢٦٠٤٠
HW12	فوم پلاست	٤٣٥٤٤٨	٣٠٢٩٠٧٧
HW13	شهرک صنعتی	٤٣٦٠٢٤	٣٠٢٨١٧٣
HW14	نیروگاه خلیج فارس	٤٥٠٩٨٨	٣٠٣٢٨٢٣
HW15	شرکت روی (غرب بندر عباس)	٤٠٨٦٨١	٣٠٠٤١٧٠
HW16	فولاد جنوب (غرب بندر عباس)	٤٠٩٣٣٦	٣٠٠٣٣٠٤



شکل۱ – نقشه نشان دهنده نقاط نمونه برداری از پساب

این نمودار کیفیت آب برای مصارف کشاورزی بررسی می شود [17].

نمودار فیکلین

این نمودار بوسیله فیکلین و دیگران ارائه و توسط کابوی و دیگران اصلاح شد. در نمودار فیکلین نمونه های آب با توجه به بار فلزی و pH آنها دسته بندی می شوند. در این مطالعه بار فلزی با استفاده از رابطه زیر محاسبه می شود [7].

$$ML = As + Cd + Cr + Cu + Zn + Sr + Ni + Pb$$

تحلیل خوشه ای

تحلیل خوشه ای روش آماری معتبری است که در تفسیر اطلاعات و ارزیابی کیفی محیط زیست به کار می رود. این روش همبستگی های مهم موجود بین متغیرهای اندازه گیری شده را نشان می دهد. هدف از انجام تحلیل خوشه ای، قراردادن نمونه ها در یک خوشه بر اساس شباهت بین آنهاست. همچنین شباهت بین متغیرهای اندازه گیری شده را نیز می توان با خوشه بندی نشان داد. محاسبات آماری این پژوهش با استفاده از نرم افزار SPSS 16.0 انجام شد.

بحث و نتایج

نتایج آمار توصیفی نمونه های پساب (جداول ۲ و ۳) نشان می دهد که وانادیم از نظر میانگین، میانه و بیشینه، بیشترین غلظت را داراست. میانگین و میانه غلظت فلزات سنگین نمونه پساب هایی که به خلیج فارس تخلیه می شوند از توالی زیر پیروی می کند :

$$V > As > Cu > Ni > Pb > Cr > Hg > Cd$$

پساب نیروگاه بندرعباس که به خلیج فارس می ریزد، بالاترین غلظت وانادیم را دارد که می تواند ناشی از استفاده از مازوت به عنوان سوخت در این نیروگاهها در زمستان باشد. مازوت حاوی ناخالصی هایی مانند وانادیم است که بعد از احتراق به صورت اکسید در

خاکستر آن باقی می ماند، و محصولات احتراق نیروگاهها نیز از آلاینده های آب چرخه حرارتی نیروگاهها هستند. بنابراین مازوت می تواند منبعی برای آلودگی پساب نیروگاه بندرعباس باشد. پالایشگاه بندرعباس منشا مهم دیگر وانادیم در نمونه های پساب است. این پالایشگاه آرسنیک و جیوه بالایی نیز دارد. پساب کشتی سازی فراساحل ایران بیشترین غلظت قلع را دارد. قلع در صنعت کشتی سازی در ترکیب رنگ های ضد پوسیدگی دریایی به کار می رود. این ترکیبات برای لارو پلانکتون ها و نرم تنان دریایی بسیار زیان بار می باشند. غلظت فلزات سنگین اندازه گیری شده در نمونه های پسابی که برای آبیاری فضاهای سبز بکار می رود پایین تر از استاندارد EPA است اما TDS آنها (٪ ٦٢/٥) بالاتر از این استاندارد است (جدول۳).

جدول۲- آمار توصیفی نمونه های پساب تخلیه شده به خلیج فارس و مقایسه با استاندارد

	As	Cd	Cr	Pb	Hg	V	Ni	Cu
Mean	53.7125	0.2112	3.4146	5.9000	1.5381	143.2375	10.3750	16.4500
Median	18.4000	0.1500	1.0500	3.2000	0.1000	48.4000	10.3000	15.0500
S.D	79.05297	0.21304	5.40414	6.99142	2.73909	219.53920	5.75990	10.88577
Minimum	3.80	0.05	0.005	0.30	0.005	0.10	4.20	1.30
Maximum	239.80	0.71	15.50	20.70	6.50	597.20	19.40	35.70
EPA	100	10	50	50	5	100	100	500
EPA[1]%<	12.5	0	0	0	25	25	0	0

جدول۳-آمارتوصیفی نمونه های پساب مورد استفاده در آبیاری و مقایسه با استاندارد

	As	Cd	Cr	Pb	Hg	V	Ni	Cu	TDS
Mean	14.77	0.05	0.61	1.26	0.08	13.03	8.56	5.72	2882.65
Median	8.05	0.05	0.55	0.95	0.1000	14.4000	6.70	4.35	2667.80
S.D	24.14	0.02	0.81	0.91	0.02	13.81758	9.37	3.21	2077.37
Minimum	0.70	0.02	0.001	0.20	0.05	0.10	0.30	1.80	566.00
Maximum	73.90	0.09	2.50	2.50	0.10	42.20	26.30	11.50	5830.40
EPA[1]	100	10	100	5000	-	200	200	100	500-2000
EPA%<	0	0	0	0	-	0	0	0	62.5

نمودار شوری US

از بین پسابهای مورد استفاده در آبیاری فضاهای سبز و درختان زینتی، فقط TDS سه نمونه در حد مجاز استاندارد آبیاری EPA است. این نمونه ها بر روی نمودار شوری US رسم شدند (شکل٢). نمونه شرکت فولاد جنوب (HW16) در C3S1 قرار می-گیرد، بدین معنی که پساب این شرکت دارای خطر شوری بالا و خطر سدیم پایین است و تقریبا می تواند برای آبیاری بیشتر محصولات و تمام خاک ها بکار رود. نمونه پساب شرکت روی (HW15) در C3S2 قرار می گیرد و در نتیجه خطر شوری بالا و خطر سدیم متوسط (قلیاییینگی متوسط) دارد. این پساب می تواند در آبیاری خاک های با بافت درشت یا خاک های آلی بکار رود. نمونه پساب فوم پلاست (HW12) نیز در C3S4 با قلیاییینگی بالا قرار می-گیرد. این پساب می تواند مشکل زیادی از نظر سدیم تبادل پذیر در خاک ایجاد کند و به مدیریت ویژه خاک نیاز دارد. استفاده از ژیپس و دیگر مکمل ها می تواند استفاده از این آب ها را برای آبیاری امکان پذیر می سازد.

رده بندی پساب

به منظور رده بندی نمونه های پساب روش فیکلین (١٩٩٢) بکار رفت. بر اساس این نمودار (شکل ٣) نمونه های پساب پالایشگاه بعد از تصفیه نهایی (HW3)، پساب اسکله رجایی (HW2) و پساب اسکله شهید باهنر (HW1) به ترتیب بیشترین غلظت فلزات سنگین را دارا می باشند. اسکله شهید رجایی بزرگترین اسکله استان هرمزگان است. در این اسکله مواد معدنی در حجم های بالا بارگیری و تخلیه می-شود و به همین دلیل پساب آن بار فلزی بالایی دارد. اسکله شهید باهنر نیز دومین اسکله بزرگ استان هرمزگان بوده، و رفت و آمد کشتی های قدیمی در آن بیشتر صورت می گیرد. بنابراین آلودگی مواد نفتی ناشی از رفت آمد و فعالیت این کشتی ها در پساب این اسکله دیده می شود.

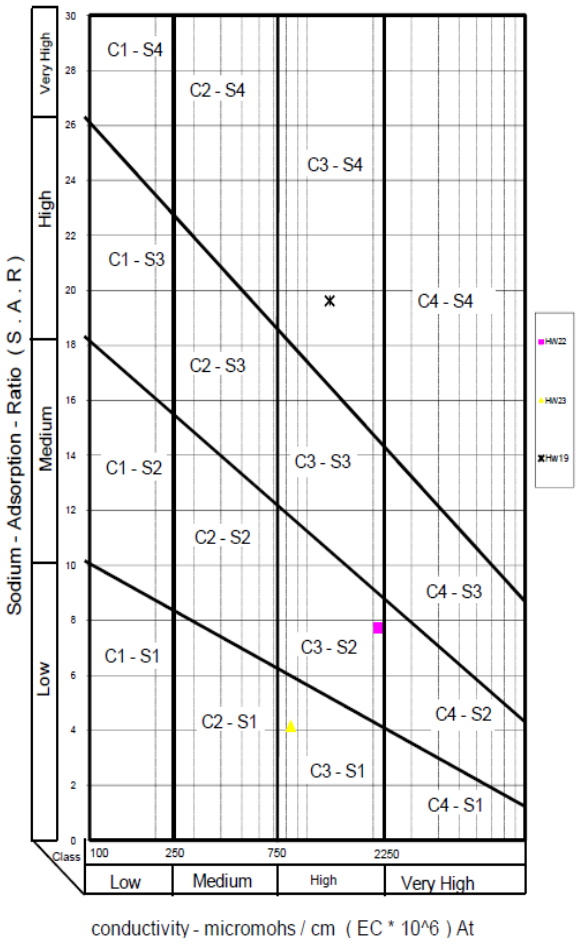
تحلیل خوشه ای فلزات سنگین موجود در پساب

شکل ٤- الف نمودار درختی حاصل از تحلیل خوشه ای فلزات سنگین را نشان می دهد. بر اساس این نمودار فلزات سنگین مورد مطالعه در دو خوشه قرار می گیرند. خوشه اول آرسنیک، کادمیم، سرب، مس، جیوه و کروم و خوشه دوم نیکل و وانادیم را در بر می گیرد. درجات مختلف همبستگی بین فلزات سنگین خوشه اول نشاندهنده اینست که از منابع مختلف منشا گرفته اند در حالی که ارتباط قوی بین نیکل و وانادیم بیانگر منشا مشترک آنهاست که به احتمال زیاد ناشی از آلودگی نفتی است اما ترکیب شدن این دو فلز در فاصله بالاتر به وجود منبعی دیگر از جمله صنایع فلزی برمی گردد. پساب صنایع فلزی مانند شرکت روی، بالاترین غلظت نیکل را دارد.

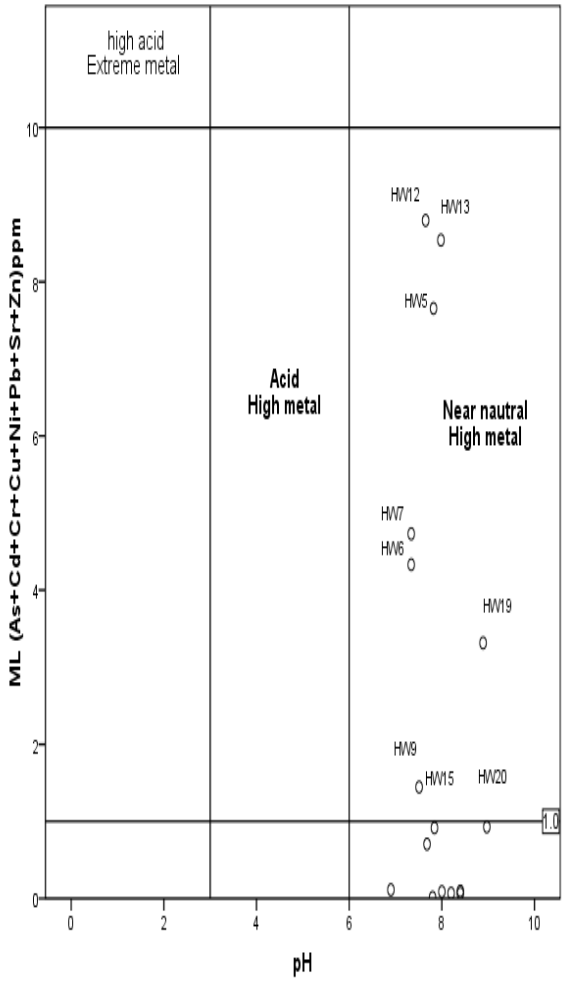
تحلیل خوشه ای نمونه های پساب

از تحلیل خوشه ای نمونه های پساب نیز دو خوشه بدست آمد (شکل٤- ب). در خوشه اول (خوشه A) نمونه های پسابی که شباهت کمی با هم دارند، قرار می گیرند. اما در بین این نمونه ها، نمونه پساب آب شیرین کن (HW6)، کشتی سازی (HW8) و یدک کش (HW7) غلظتهای مشابهی از آرسنیک، کادمیم، مس و نیکل و بار فلزی پایینی دارند. این نمونه ها در

یک زیر خوشه با فاصله کم قرار می گیرند. نمونه های پسابی که در زیر خوشه B قرار می گیرند نیکل بالایی دارند. در این خوشه پساب هایی که بالاترین بار فلزی را دارنـــد در زیـــر خوشه BI قرارگرفتند. غلظت فلزات سنگین زیر خوشه BII کمتر از غلظت آنها در زیر خوشه BI است .

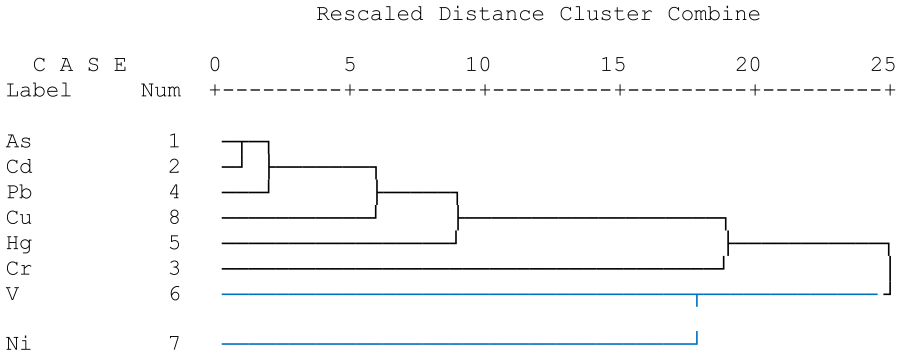


شکل۲- نمودار شوری US نمونه های پساب با TDS پایین

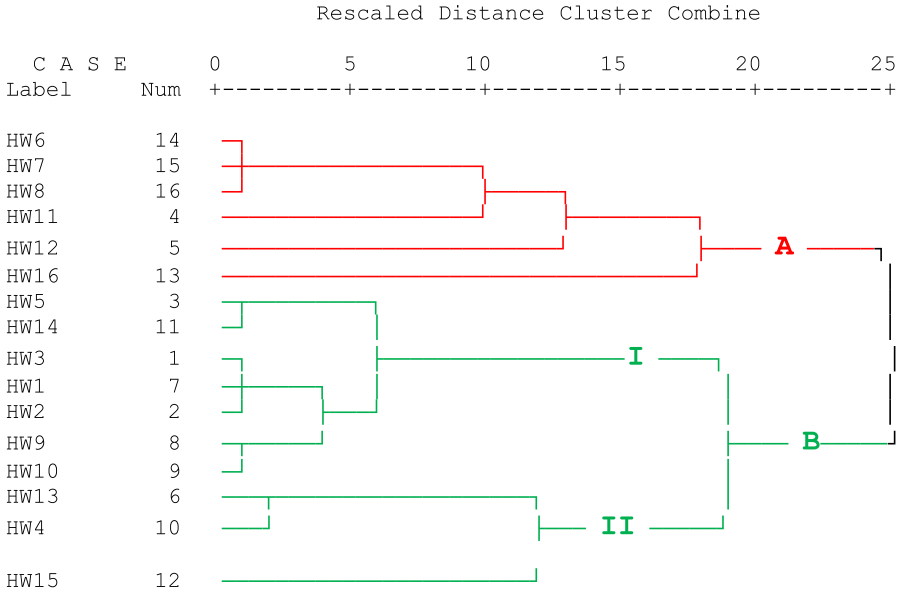


شکل۳- نمودار بارفلزی در مقابل pH نمونه پساب برخی از صنایع مهم بندرعباس

الف



ب



شکل٤- نمودار درختی خوشه بندی الف) فلزات سنگین نمونه های پساب ب) نمونه های پساب

نتیجه گیری

پساب واحدهای صنعتی بندرعباس را می توان به دو گروه تقسیم کرد. گروه اول شامل پساب هایی است که برای آبیاری فضاهای سبز بکار می روند.

غلظت فلزات سنگین در این پساب ها در حد استاندارد آبیاری EPA است اما TDS آن ها بیش از غلظت استاندارد EPA (2004) است و با گذشت زمان می توانند با افزودن نمک های مضر به خاک، محیط را برای رشد گیاهان نامناسب کنند. گروه دوم شامل پساب هایی است که به خلیج فارس می ریزند. پساب های اسکله شهید رجایی، اسکله شهید باهنر، نیروگاه و پالایشگاه بندرعباس در این گروه قرار می گیرند و غلظت وانادیم، آرسنیک و جیوه آن ها بیشتر از غلظت استاندارد است.

آلودگی فلزات سنگین مرتبط با مواد سوختی بوضوح در سه نمونه پساب اخیر دیده می شود. با خوشه بندی فلزات سنگین نمونه های پساب، وانادیم و نیکل در یک خوشه و دیگر فلزات سنگین در خوشه دیگر قرار می گیرند.

بنابراین نتایج حاصل از خوشه بندی نقش مهم آلودگی ناشی از مواد سوختی را نشان می دهد. پساب های اسکله شهید رجایی و شهید باهنر و نیز پساب پالایشگاه بندرعباس بیشترین بار فلزی را در بین نمونه های پساب دارند و می توانند سلامت بوم سامانه ساحلی خلیج فارس در مجاورت بندرعباس و در تندرستی ساکنان محلی را تهدید کند.

سپاسگزاری

نویسندگان مراتب قدردانی خود را از دانشگاه شیراز و سازمان محیط زیست استان هرمزگان به دلیل ارائه تسهیلات و امکانات انجام این پژوهش اعلام می دارند. همچنین از آقایان دکتر کشاورزی و مهندس اسماعیلی به خاطر کمک در انجام عملیات صحرایی تشکر می شود.

منابع

۱- زیگل ف. ترجمه دکتر فرید مر، فاطمه راست منش (۱۳۸۷). زمین شیمی زیست محیطی فلزات بالقوه سمی.انتشارات کوشامهر. چاپ اول.۲۱۳ص.

۲- عباسی، م. صفر نورا، محسن (۱۳۷٦). استخراج اکسید وانادیم از خاکستر سوخت نیروگاه. استقلال. ۱٦۵- ۱۷۵ص.

۳- کاکس، پ. ترجمه فرید مر، خدیجه زایری (۱۳۸۲). عناصر زمین. انتشارات دانشگاه شیراز.چاپ اول.۲۱۰ص.

4-Abu-rizaiza. O. S. (1999). Modification of the standards of wastewater reuse in Saudi arabia. Water Resource. Vol. 33, No. 11, 2601-2608 pp.

5-Alloway B.J & D.S Ayres (1993). Chemical principles of environmental pollution. Chapman & hall publishr113 p.

6-Bhuiyan. A.H. Mohammad, Islam. M.A., B. Dampare. Samuel, Parvez. Lutfar, Suzuki. Shigeyuki (2010). Evaluation of hazardous metal pollution in irrigation and drinking water systems in the vicinity of a coal mine area of Bangladesh. Journal of Hazardous Materials 179 : 1065–1077 pp.

7-Edet, A.E. Offiong, O.E. Evaluation of water quality pollution indices for heavy

metal contamination monitoring. A study case from Akpabuyo-Odukpani area, Lower Cross River Basin (southeastern Nigeria), GeoJournal 57 (2002) 295–304PP.

8- Esmaeili. Abdoulkarim, Vazirzadeh. Solmaz (2009). Water Pricing for Agricultural Production in the South of Iran. Water Resouce Management. 23:957–964pp.

9-Kardovani, P. (1995). Iranian marine ecosystem (the Persian Gulf and the Caspian Sea) (Vols. 1 & 2). 517-535pp.

10-Kumar Singh. Abhay, K. Mahato. Mukesh, Neogi. Babita, K. Singh. K. (2010). Quality Assessment of Mine Water in the Raniganj Coalfield Area, India. Mine Water Environ 29:248–262pp.

11- Murad AA, Al Nuaimi H, Al Hammadi M (2007) Comprehensive assessment of water resources in the Unites Arab Emirates (UAE). Water ResourManag 21:1449–1463pp.

12-Pocock, F. J. Cohen, P (1989). The ASME handbook on water technology for thermal power systems,103P.

13-Sanjay Kumar Sundaray, Unmesh Chandra Panda, Binod Bihari Nayak & Dinabandhu Bhatta (2006). Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of the Mahanadi river–estuarine system case study. Environmental GeochemistryandHealth.17–330PP.

14-Shoumad AE, MR Mohamed, AH Abd El-Karem, WM El-Monairy (1998). "Health hazards among workers in power stations. Comparative study between natural gas and mazout stations". the journal of Egyptian public health association. 73P.

15-Sundaray. Kumar. S , Bihari Nayak .B ,Bhatta .D (2009). "Environmental studies on river water quality with reference to suitability for agricultural purposes: Mahanadi river estuarine system, India – a case study". Environmental Monitoring and Assessment. 155:227–243PP.

16-U.S Environmental Protection Agency (2004). Guideline for water reuse. U.S. Agency for International Development.319P.

17-US Salinity Laboratory (1954). Diagnosis and improvement of Saline and Alkaline soils (p. 160).US Department of Agriculture. 60P.

18-Wake. Helen (2005). Oil refineries: a review of their ecological impacts on the aquatic environment. Estuarine, Coastal and Shelf Science 62 : 131–140PP.