دکتر غلامرضا امینی رنجبر
مؤسسه تحقیقات و آموزش شیلات ایران

بررسی میزان تجمع فلزات سنگین (Cd,Pb,Ni,Cu,Zn) در رسوبات سطحی تالاب انزلی

خلاصه

در این تحقیق میزان پنج فلز سنگین (کادمیوم ، سرب ، نیکل ، مس و روی) در رسوبات سطحی ۱۱ ایستگاه نمونه برداری تعیین شده در تالاب انزلی (از پاییز ۱۳۷۰ تا تابستان ۱۳۷۱) اندازه گیری گردید . در ابتدا چهار شیوه مختلف جهت تعیین مقادیر فلزات مذکور در یکی از نمونه ها مورد استفاده قرار گرفت و یکی از آنها که از کارآئی نسبی بالاتری برخوردار بود (هضم با مخلوط اسیدهای نیتریک و کلریدریک) ، بعنوان مناسبترین روش برگزیده شد . به منظور بحث در خصوص داده های حاصله از آزمونهای مختلف آماری استفاده گردید . نتایج حاصله مبین وجود تفاوت محسوس بین میزان تجمع فلزات مورد بررسی می باشد اما تفاوت آماری معنی داری بین فصول مختلف مشاهده نگردید . فلزات مختلف الگوهای متفاوتی را از حیث میزان تجمع در رسوبات ایستگاههای یازده گانه نشان می دادند . اما در مجموع ایستگاه شماره ۸ (شنبه بازار روگاه) کمترین میزان تشابه را با سایر ایستگاهها آشکار می ساخت .

مقدمه

بسیاری از فلزات بطور طبیعی از اجزاء متشکلهٔ اکوسیستم های آبی محسوب می گردند ،

حتی تعدادی از آنها در بقاء موجودات زنده نقش حائز اهمیتی را ایفا می کنند . با این وجود چنانچه میزان این عناصر به دلایل گوناگون از حدود معینی فراتر رود باعث به مخاطره افتادن حیات آبزیان می گردند .

بطور کلی در یک محیط آبی انجام مطالعاتی در خصوص، آلودگی رسوبات بستر از دیدگاههای مختلفی شایان توجه می باشد : نخست آنکه آلودگی رسوبات در قابلیت دسترسی زیستی[1] آلاینده های مختلف (بخصوص فلزات سنگین) برای کفزیان ، آبزیان کفزی خوار و دتریت خوار[2] و همچنین گیاهان آبزی از اهمیتی ویژه برخوردار است . ثانیاً درصورتیکه میزان آلودگی رسوبات از مقادیری (که بسته به توان خود پالائی مورد نظر متغیر است) متجاوز گردد ، سریعاً موجبات برهم خوردن تعادل بوم شناختی[3] و زوال زیستی اکوسیستم فراهم می شود . جنبه دیگر اهمیت بررسی میزان تجمع فلزات در رسوبات آن است که بدین ترتیب بسادگی نظارت پیوسته بر آلودگی [4] منطقه مطالعاتی میسر می گردد ، زیرا بسیاری از انواع مواد و ترکیبات آلوده کننده (خصوصاً فلزات سنگین) پس از ورود به یک منبع آبی بتدریج در بستر آن به صور مختلف (همچون فاز معدنی جامد ، جذب سطحی به رسوبات دانه ریز و یا بقایای مواد آلی) تجمع می یابند(*ROPME-1991*) و اصولاً رسوبات بعنوان جایگاه نهایی آلاینده ها در محیطهای آبی ، نقش قابل ملاحظه ای را در میزان تجمع فلزات در بی مهرگان کفزی و انتقال آنها به سطوح غذایی[5] بالاتر بر عهده دارند(*Gerhardt-1990 , Clements-1991*) . در مجموع می توان گفت رسوبات بعنوان معرف و شناساگر مهمی برای آلودگی مطرح می باشند که از تجزیه و مطالعه آنها می توان به سهولت میزان و نوع آلودگی را تشخیص داد و تصمیمات مقتضی را جهت کنترل آن اتخاذ نمود . در تحقیق کنونی با مد نظر قرار دادن موارد مذکور و همچنین با عنایت به جنبه های مختلف اهمیت تالاب انزلی از نقطه نظر شیلاتی و زیست محیطی ، میزان تجمع پنج فلز سنگین در رسوبات سطحی نقاط مختلف آن اندازه گیری گردید . از میان روش های گوناگونی که جهت اندازه گیری میزان فلزات سنگین در رسوبات ارائه شده است ، روش هضم بوسیله اسید[6] و سپس طیف سنجی جذب اتمی[7] مورد استفاده قرار گرفت .

نظر به اینکه پیش از این تحقیقات مشابه دیگری در این منطقه انجام نشده است ، نتایج حاصله بعنوان مبنایی جهت انجام مطالعاتی جامع تر و گسترده تر قابل استفاده خواهد بود .

---

1) Bioavailability 2) Detrivorous 3) Ecological equilibrium 4) Pollution monitoring
5) Trophic levels 6) Acid digestion 7) Atomic Absorption Specroscopy(AAS)

موقعیت و اهمیت منطقه مطالعاتی

تالاب انزلی با مساحتی حدود دویست و هجده کیلومتر مربع در '۲۸ و° ۳۷ عرض شمالی و '۲۵ و° ۴۹ طول شرقی در جنوب دریای خزر و در استان گیلان واقع شده است . این تالاب از مدت ها قبل بعنوان جایگاه مهم تخم ریزی و نوزادگاه[1] ماهیان آنادروم[2] حوضه جنوبی دریای خزر مطرح بوده و با دارا بودن ۳۱ گونه ماهی ، از تنوع گونه ای نسبتاً خوبی برخوردار می باشد *(Olah-1993)* ، علاوه بر این تالاب مزبور تحت پوشش کنوانسیون رامسر بوده و از جنبه های مختلف واجد اهمیت بین المللی می باشد (منوری ـ ۱۳۶۹) .

مواد و روش ها

نمونه برداری

نمونه برداری ها بصورت فصلی (از پاییز ۷۰ تا تابستان ۷۱) در یازده ایستگاه نمونه برداری انجام گردید (شکل ۱) .

در گزینش ایستگاههای نمونه برداری دو نکته مورد توجه قرار گرفت :

۱ـ حتی الامکان تحت پوشش قرار گرفتن نقاط مختلف تالاب .

۲ـ محل ورود پساب های ناشی از منابع مختلف آلاینده

به منظور نمونه برداری از گراب اکمن[3] با سطح دهانه $15/2 \times 15/2\ cm^2$ استفاده می گردید . پس از هر با گسیل گراب به بستر تالاب و بالا آوردن آن ، محتویات آن به آرامی درون یک ظرف پلاستیکی عاری از هر گونه آلودگی تخلیه می گردید و سپس با استفاده از قاشق های پلاستیکی مقداری از قسمت مرکزی رسوبات (محلی که با بدنه گراب تماس نداشت) برداشته و داخل کیسه های پلاستیکی شستشو شده و واجد برچسب مشخصات قرار داده می شد و تا هنگام شروع آنالیزهای آزمایشگاهی در دمای $4\ ^oC$ نگاهداری می شد .

لازم بذکر است که در محل هر ایستگاه ۳ نمونه از نقاط مختلف (دو نمونه از طرفین و یک نمونه از مرکز) تهیه و هر نمونه جداگانه مورد بررسی قرار می گرفت .

1) Nersury ground 2) Anadromous 3)Ekman grab

در راستای انجام این تحقیق ، ابتدا بمنظور یافتن مناسب ترین دستور کار آزمایشگاهی از چهار روش متفاوت جهت تعیین میزان فلزات در یکی از نمونه ها استفاده گردید که عبارت بودند از :

ـ هضم با مخلوط اسیدهای نیتریک و کلریدریک

ـ هضم فقط با اسید کلریدریک

ـ استخراج با محلول اتیلن دی آمین تترااستیک اسید *(EDTA)*

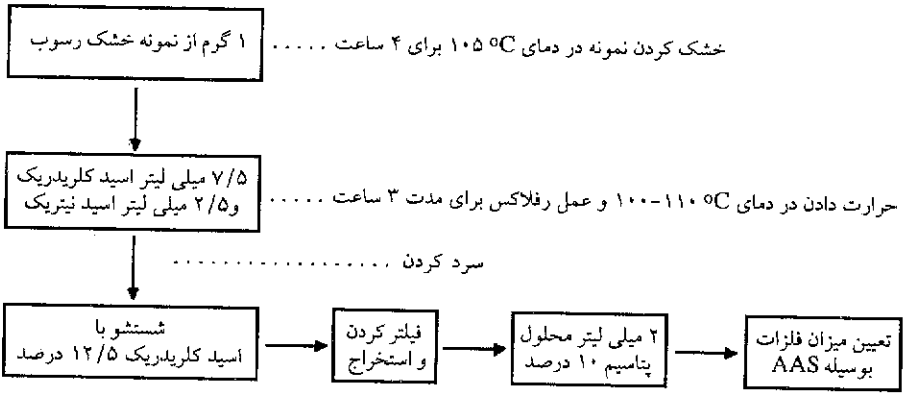
ـ هضم فقط با اسید نیتریک

در جدول شماره ۱ نتایج حاصله از بکارگیری روشهای مذکور مشاهده می گردد . با توجه به نتایج مندرج در این جدول می توان دریافت که روش نخست یعنی هضم با مخلوط اسیدهای نیتریک و کلریدریک از کارآئی بالاتری نسبت به سایر روشهای اعمال شده برخوردار بوده است . لذا در کلیه آزمایشات بعدی از این روش استفاده گردید. در نمودار شماره ۱ خلاصه ای از مراحل تجزیه و آماده سازی نمونه ها بوسیله روش مزبور نشان داده شده است. برای حذف تداخل ها [1] از محلول ۱۰ درصد پتاسیم استفاده گردید . عمل رفلاکس [2] و حرارت دادن موجب افزایش قابل ملاحظه درصد جذب فلزات می گردد . شستشوی رسوب بعد از هضم ، توسط محلول ۱۲/۵ درصد اسید نیتریک نیز چنین تأثیری خواهد داشت *(Trefry-1976)*.

روش کار / نام فلز		غلظت بر حسب میلی گرم بر گرم				
		Pb	Cu	Ni	Zn	Cd
1	هضم با مخلوط اسید کلریدریک و اسید نیتریک	3.060	3.746	4.505	13.290	1.8
2	هضم با اسید کلریدریک	1.392	1.695	2.068	9.779	1.2
3	استخراج با EDTA	2.320	3.099	3.228	10.01	1.5
4	هضم با اسید نیتریک	2.243	2.187	0.898	9.258	1.4

جدول ۱) نتایج حاصله از بکارگیری چهار روش مختلف برای تعیین میزان فلزات در یک نمونه از رسوبات سطحی تالاب انزلی

1) Interference 2) Reflux



نمودار ۱) خلاصه ای از مراحل مختلف تهیه نمونه بمنظور تعیین میزان فلزات سنگین بر اساس روش هضم با مخلوط اسیدهای نیتریک و کلریدریک .

به منظور تهیه محلول های استاندارد از فلزات خالص و یا نمک های با درجه خلوص بالا استفاده می گردید . این محلول ها بطور روزانه از محلول استاندارد مادر [1] تهیه می شد . به منظور تهیه محلول های استاندارد دما برای فلزات مس ، سرب ، نیکل ، کادمیم از محلول ۵ درصد اسید نیتریک و برای فلز روی از محلول یک درصد اسید کلریدریک استفاده می شد . تمامی معرف های مورد استفاده نیز از درجه خلوص بالائی برخوردار بودند . در طول انجام آزمایشات ، چندین بار آلودگی احتمالی اسیدهای مصرفی به فلزات مورد نظر کنترل گردید که در تمامی موارد در سطح آشکار سازی دستگاه هیچگونه آلودگی مشاهده نگردید . وسائل و ظروف مورد استفاده ، پیش از هر بار آزمایش نخست توسط مواد پاك کننده [2] و آب گرم و سپس با اسید نیتریک غلیظ و آب مقطر یون زدایی شده دوبار تقطیر شسته می شدند *(ROPME-1989)* .

به منظور تقلیل احتمالی جذب یون های فلزی موجود در محلول های هضم شده به جداره داخلی ظروف (تا هنگام اندازه گیری میزان فلزات درون آنها) ، از بطری های پلی اتیلنی استفاده می گردید *(Betti-1988 ; Sansoni-1978)* .

برای اندازه گیری میزان فلزات سنگین در نمونه های هضم شده از دستگاه طیف سنج

1) Stock solution 2) Detergent

جذب اتمی واجد شعله (FAAS) مدل Shimadzu AA-670/Gu-8 دارای لامپ دوتریم (برای تصحیح زمینه) استفاده شد . شرایط دستگاهی مطابق با دستورالعمل توصیه شده توسط شرکت سازنده (جدول شماره ۲) تنظیم گردید . میزان تجمع فلزات مورد نظر با بکارگیری روش منحنی استاندارد (بر حسب غلظت و میزان جذب) محاسبه گردید .

فلز	طول موج (nm)	پهنای شکاف (nm)	شعله
Cu	324.7	0.5	AIR\C2H2
Zn	213.9	0.5	AIR\C2H2
Ni	341.5	0.15	AIR\C2H2
Pb	217.0	0.3	AIR\C2H2
Cd	228.3	0.3	AIR\C2H2

جدول ۲) شرایط دستگاهی برای تعین میزان فلزات مس ، روی ، نیکل ، سرب و کادمیوم توسط FAAS در رسوبات سطحی تالاب انزلی .

تجزیه و تحلیل های آماری

جهت بررسی موارد ذیل از تجزیه واریانس یک طرفه (Sokal and Rohlf-1981) استفاده گردید :

- وجود یا عدم وجود اختلاف معنی دار بین ایستگاههای مختلف از نظر میزان تجمع فلزات
- وجود یا عدم وجود اختلاف معنی دار بین میزان تجمع فلزات مختلف
- وجود یا عدم وجود اختلاف معنی دار بین فصول مختلف از نظر میزان تجمع فلزات

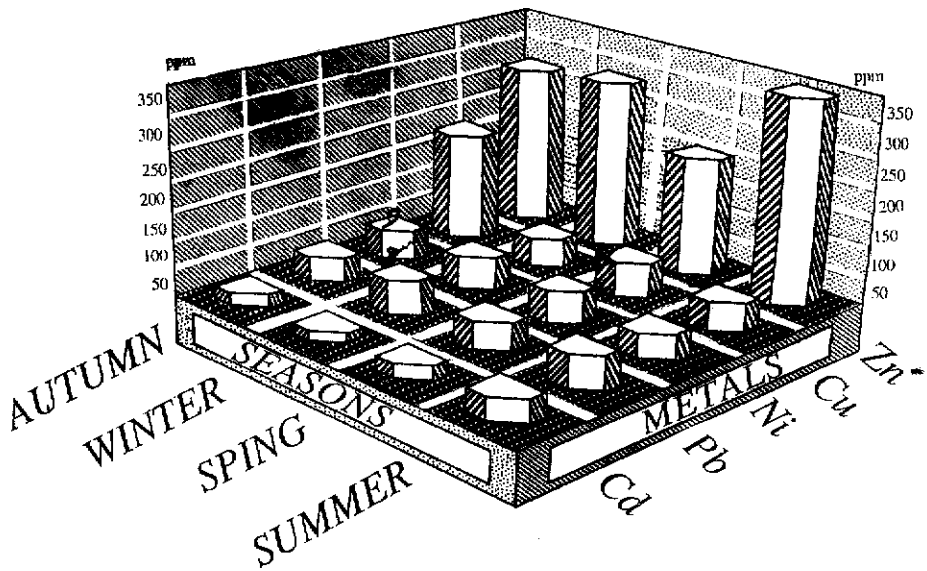
در مواردی که فرضیه صفر رد می شد ، بمنظور مشخص نمودن گروههایی که اختلاف معنی داری را با سایر گروهها نشان می دادند، آزمون دامنه چندگانه دانکن (Zar-1984)

مورد استفاده قرار گرفت . برای مقایسه میزان هریک از فلزات مورد بررسی در ایستگاههای مختلف نمونه برداری از آنالیز خوشه ای بر اساس فاصله اقلیدسی (*Ludwig & Re-ynolds-1988*) استفاده شد .

نتایج و بحث

داده های خام حاصله از اندازه گیری میزان تجمع فلزات در ایستگاهها و فصول مختلف و همچنین میانگین و انحراف معیار داده ها در جدول ضمیمه مندرج می باشد .

شکل شماره ۲ جهت مقایسه نسبی تجمع فلزات در فصول مختلف ترسیم شده است و برای مقایسه دقیق تر میزان هر یک از فلزات در ایستگاههای مختلف ، به تفکیک فصول می توان به شکل شماره ۳ رجوع نمود .



شکل ۲) مقایسه میزان تجمع فلزات بررسی شده در فصول مختلف (برحسب ppm وزن خشک)
مقادیر فلز کادمیوم برای نمایش بهتر تغییرات در ۲۰ ضرب شده است

همانگونه که در شکل ۲ مشهود است ، از بین ۵ فلز مورد بررسی بیشترین میزان تجمع در فصل پاییز به فلز روی اختصاص دارد و پس از آن بترتیب مس ، نیکل ، سرب و کادمیوم جایگاههای بعدی را به خود اختصاص می دهند . ترتیب نزولی فلزات (از نظر میزان آنها در رسوبات) در سایر فصول نیز از شکل مزبور قابل استنتاج می باشد .

جدول ۳ـ الف نشانگر آن است که اختلاف بین میزان تجمع فلزات مختلف بسیار معنی دار می باشد ($P < 0.00001$) . از طرف دیگر نتایج آزمون دانکن (جدول ۳ـ ب) مبین آن است که باستثناء فلزات سرب و نیکل ، بین مقادیر سایر فلزات تفاوت محسوسی موجود می باشد ($\alpha = 0.05$) و بطور کلی توالی تجمع فلزات مورد نظر بصورت زیر می باشد :

Zn<Cu<Pb<Ni<Cd

(الف)

منبع تغییرات	SS [۱]	df [۲]	MS [۳]	F [۴]	P [۵]
منبع تغییرات	1867586.0	4	466896.50	95.252	<.00001
درون گروهی	980343.6	200	4901.72		
جمع کل	2847929.7				

(ب)

فلزات	تعداد نمونه ها	میانگین	فلزات همگن
Cd	41	1.26585	x
Pb	41	51.72195	x
Ni	41	52.68780	x
Cu	41	86.97317	x
Zn	41	276.77805	x

جدول ۳) نتایج تجزیه واریانس یک طرفه (الف) و آزمون دانکن (ب) بمنظور بررسی اختلاف بین میزان تجمع فلزات مختلف .

۱- مجموع مربعات ۲- درجه آزادی
۳- میانگین مربعات ۴- آمار F ۵-احتمال

جـــدول شـماره ۴ نشـاندهنده عـدم وجود اختلاف آمـاری معنـی داری بین فصـول مختلف سال (از نظر مقادیر فلزات در رسوبات سطحی) در سطح معنی دار ۵ درصد می باشد .

منبع تغییرات	SS	df	MS	F	P
منبع تغییرات	36069.8	3	12023.279	.859	.4631
درون گروهی	2811859.8	201	13989.352		
جمع کل	2847929.7	204			

جدول ۴) نتایج تجزیه واریانس یک طرفه جهت بررسی تفاوت بین فصول مختلف از نظر میزان تجمع فلزات .

نتایج تجزیه واریانس یک طرفه به منظور بررسی فرض صـفر عدم وجود تفاوت معنی دار بین ایسـتگاههای مختلف ، از حیث میـزان تجـمع فلزات (جدول ۵ ـ الف) حـاکی از مردود بودن فـرضیه مـذکور در سطح مـعنی دار ۱۰ درصد می بـاشد (P=0.076) . از طرف دیگر بـا انجام آزمون دانکن مشخص می گردد که ایستگاههای ۱ ، ۶ و ۸ از نظر مقادیر فلزات مختلف ، تفاوت قابل ملاحظه ای با سایر ایستگاهها دارند($\alpha = 0.05$) .

(الف)

منبع تغییرات	SS	df	MS	F	P
منبع تغییرات	233457.0	10	23345.696	1.732	.0759
درون گروهی	2614472.7	194	13476.663		
جمع کل	2847929.7	204			

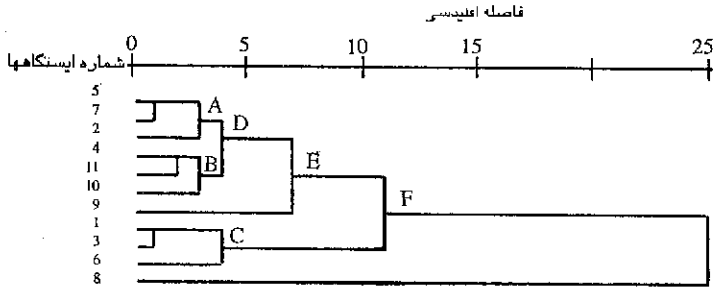
(ب)

شماره ایستگاهها	تعداد نمونه ها	میانگین	ایستگاههای همگن
11	15	56.14000	x
2	20	64.59000	x
4	20	67.31500	x
10	10	69.11000	x
7	20	75.18500	x
5	20	85.85000	x
9	20	90.24500	x
3	20	94.87000	x
1	20	107.99500	xx
6	20	119.38500	xx
8	20	180.23000	x

جدول ۵) نتیجه تجزیه واریانس یک طرفه (الف) و آزمون دانکن (ب) بمنظور بررسی اختلاف بین ایستگاههای مختلف از نظر میزان تجمع فلزات در رسوبات سطحی .

کتابخانه منطقه ای علوم و فنون

همانطور که قبلاً ذکر گردید ، جهت مقایسه میزان هر یک از فلزات در ایستگاههای ۱۰ گوناگون از آنالیز خوشه ای استفاده گردید . نتایج این تجزیه و تحلیل در شکل های ۴ و ۵ آشکار می باشد .



شکل ۵) منحنی شبه درختی بر اساس میانگین پیوستگی بین گروهها (مقیاس اقلیدسی) جهت بررسی میزان ارتباط بین ایستگاههای مختلف از نظر میزان تجمع تمامی فلزات مورد بررسی در رسوبات سطحی .

هریک از منحنی های شبه درختی (Dendogram) با ترسیم نقطه چین هایی به گروههایی کوچکتر تفکیک شده اند . بطور کلی با توجه به شکل ۴ نتایج زیر قابل حصول است :

الف ـ ازنظر میزان تجمع کادمیوم ، در ایستگاههای ۱ ، ۵ ، ۶ ، ۷ و ۹ (گروه A) بیشترین میزان تشابه مشاهده می گردد . ایستگاههای ۳ ، ۱۰ و ۱۱ در گروه دوم (گروهB) جای می گیرند و ایستگاههای ۴ و ۸ (گروه C) تشابه کمتری را نسبت به دو گروه پیشین نشان می دهند . در یک تقسیم بندی کلی تر گروههای A و B را می توان گروه واحدی تحت عنوان D درنظر گرفت که این گروه نیز پس از ادغام با ایستگاه ۲ ، گروه E را تشکیل خواهد داد . نهایتاً می توان گفت که ایستگاههای ۴ و ۸ (گروه C) کمترین ارتباط را با ایستگاههای دیگر از نظر

میزان تجمع کادمیوم آشکار می سازد .

ب ـ از نظر میـــزان سرب در رسوبات سطحی ، ایستگاههای ۳ ، ۴ ، ۵ ، ۷ و ۹ (گروه A) ۲ ، ۱۰ و ۱۱ (گروه B) ۱ و ۶ (گروه C) فاصله اقلیدسی تقریباً مشابهی را نشان می دهند . ایستگاههایی که تحت عناوین A و B ذکر گردید را می توان ادغام نمود (گروهD) . این گروه جدید خود پس از ترکیب با گروه C ، گروه E را تشکیل خواهـد داد . همـانگونه کـه مشـاهده می گردد ایستگاه ۸ کمتـرین رابطه (بیشـترین فـاصله) را نسبت به سـایر ایستگاههـای نمونه برداری نشان می دهد .

ج ـ از نقطه نظر میزان تجمع فلز مس ، ایستگاههای ۳ ، ۴ ، ۵ ، ۶ و ۷ (گروه A) کمترین فاصله را آشکار می سازند . این گروه پس از ادغام با ایستگاههای ۲ و ۱۰ گروه B را تشکیل می دهد . این گروه نیز پس از ترکیب با ایستگاه ۱۱ گروه C را ایجـاد می کند . درنهـایت می توان چنین اظهار نظر نمود که ایستگاههای ۸ و ۹ (گروه D) دارای جزئی ترین ارتباط با سایر ایستگاهها(گروه C) می باشند .

د ـ از حیث مقادیر نیکل در رسوبات سطحی ، ایستگاههـای ۴ ، ۶ ، ۸ و ۱۰ (گروه B) بیشترین میزان ارتباط را نشان می دهند . ایستگاههای ۱ ، ۵ ، ۷ ، ۹ و ۱۱ ، گروه A) در جایگاه بعدی قرار می گیرند . گروههای A و B پس از ادغام با ایستگاه ۳ گروه C را تشکیل می دهند .

گروه مزبور تمامی ایستگاهها بجز ایستگاه ۲ را شامل می گردد . یعنی ایستگاه اخیرالذکر از نظر میزان تجمع نیکل کمترین ارتباط را با سایر ایستگاه دارا می باشد .

هـ ـ بیشترین میزان تشابه از نظر تجمع فلز روی ، در ایستگاههای ۴ ، ۱۰ و ۱۱ (گروه A) مشاهده می شود . ایستگاههای ۲ ، ۵ و ۷ (گروه B) و ایستگاههای ۱ ، ۳ و ۶ (گروه C) جایگاههای بعدی را به خود اختصاص می دهند . ادغام گروههای A و B منجر به تشکیل گروه D می گردد و نهایتاً ترکیب گروههای C و D گروه E را ایجـاد می کند کـه تمامی ایستگاهها به استثناء ایستگاه شماره ۸ را شامل می گردد . یعنی ایستگاه مزبور از نقطه نظر میزان نیکل در رسوبات سطحی واجد کمترین ارتباط با سایر ایستگاهها می باشد .

در مجموع با مشاهده شکل شماره ۵ می توان نتیجه گرفت که از نظر تجمع پنج فلز مورد بررسی در رسوبات سطحی ، ایستگاههای ۲ ، ۵ و ۷ (گروه A) از یک طرف و ایستگاههای

۴ ، ۱۰ و ۱۱ (گروه B) از طرف دیگر بیشترین میزان تشابه را آشکار می سازند و ایستگاههای ۱ ، ۳ و ۶ (گروه C) قابل ذکر می باشند . گروههای A و B خود گروه جداگانه ای تحت عنوان D را تشکیل می دهند . گروه اخیرالذکر پس از ترکیب با ایستگاه ۹ گروه E را ایجاد می کند . ادغام گروه مزبور با گروه C موجب تشکیل گروه بزرگتری بنام F می شود که تمام ایستگاه ۸ را شامل می گردد .

نهایتاً می توان چنین استنباط نمود که ایستگاه ۸ کمترین میزان ارتباط را با سایر ایستگاهها نشان می دهد .

نتیجه گیری نهایی

به منظور نیل به نتیجه ای کلی درخصوص وضعیت تالاب انزلی از نظر میزان تجمع فلزات سنگین مورد نظر در رسوبات سطحی می توان به جدول شماره ۶ مراجعه نمود . در این جدول نتایج حاصله از تحقیق کنونی با برخی از مطالعات انجام شده در سایر نقاط جهان مقایسه گردیده است . البته در بررسی داده های مندرج در جدول مزبور بایستی این نکته را مد نظر قرار داد که بعلت اندازه گیری میزان فلزات در کل توده رسوبات [1] در این تحقیق ، تنها مقایسه با موارد مشابه امکان پذیر است . همانگونه که مشاهده می گردد ، حداکثر میزان فلزات مس و نیکل در رسوبات تالاب انزلی نسبتاً ، بالا می باشد .

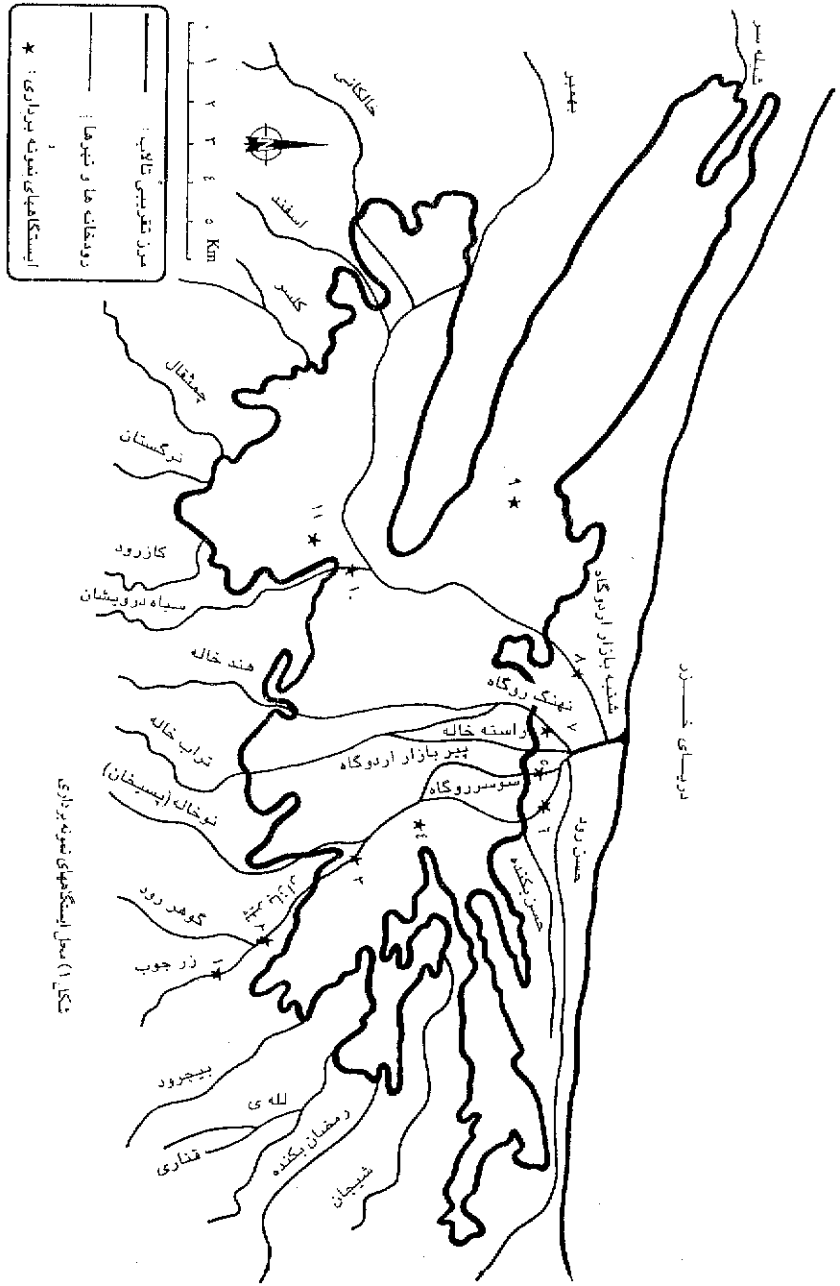
درخاتمه با توجه به جنبه های مختلف اهمیت تالاب انزلی پیشنهاد می گردد جهت آگاهی از روند تغییرات میزان فلزات سنگین در این منطقه ، این قبیل تحقیقات بطور پیوسته ادامه یابد .

1) Bulk

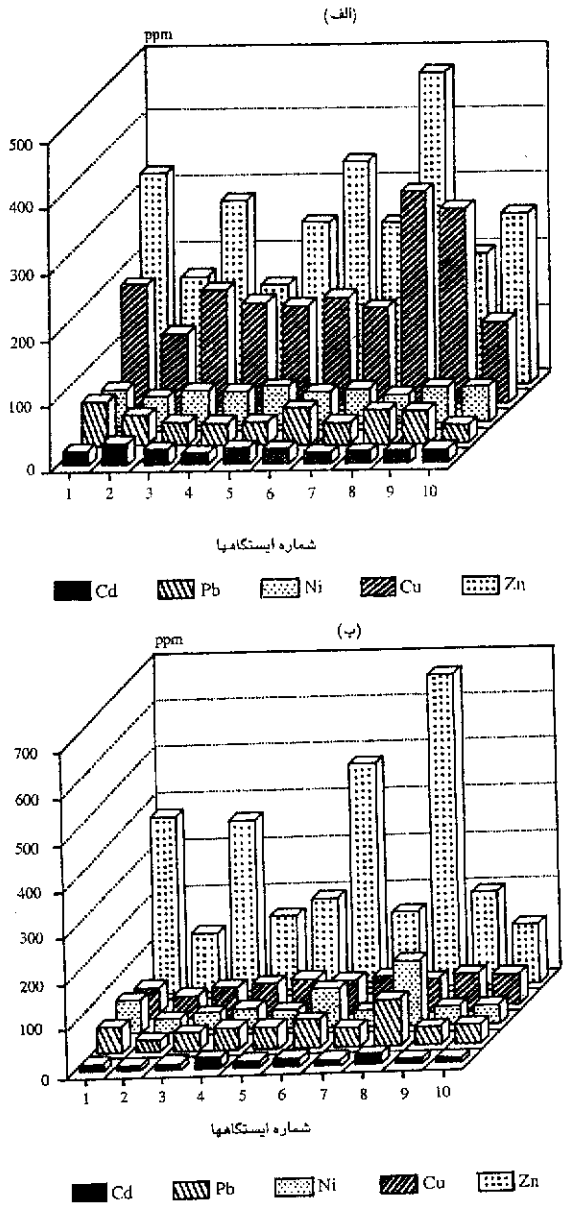
منطقه جغرافیایی	سال تحقیق	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	رسوب	شماره مأخذ
خلیج اسپنسر (استرالیا)	1979	–	7.1-72.4	2.3-45.5	0.19-2.36	–	bulk	10
خلیج کاتانیا (ایتالیا)	1982	3.8-21.3	24.5-163.5	4.5-18.9	2.5-4.6	–	bulk	4
خلیج پلانکی (آرژانتین)	1982	4.5-48.0	17.0-96.5	–	1.2-3.5	–	bulk	13
لیسیائو (پرتقال)	1985	8.4-72.4	92-524	11.4-228.0	0.33-0.85	15.6-34.0	bulk	3
مناطق ساحلی مالای	1987	10-38	30-90	23-180	0.03-0.09	–	silt	6
دریای جاوه	1989	10-56	50-130	10-50	0.05-0.53	–	silt	6
دریای جاوه	1989	10-54	30-125	6-23	0.03-0.45	–	bulk	6
دریای شمال	1989	10-150	100-2500	30-250	0.17-16.1	–	silt	6
سواحل موریتانی (شیب قاره ای)	1991	4.9-23.0	28-72	1.6-1223.0	0.16-1.01	–	silt	6
دریای مدیترانه (شیب قاره ای)	1991	10-15	53-105	5-10	1.09-0.12	–	bulk	6
تالاب انزلی	1992	26.4-324.0	26.4-324.3	19.0-148.7	0.5-2.5	27.0-70.3	bulk	تحقیق کنونی

جدول ۶) مقایسه مقادیر (حداقل و حداکثر) چند فلز سنگین در رسوبات سطحی مناطق مختلف با نتایج حاصله از این تحقیق .

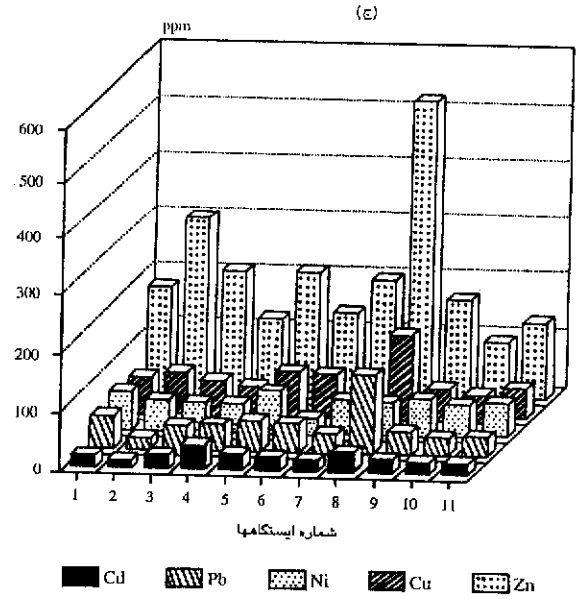
تمامی داده ها برحسب ppm وزن خشک می باشد .

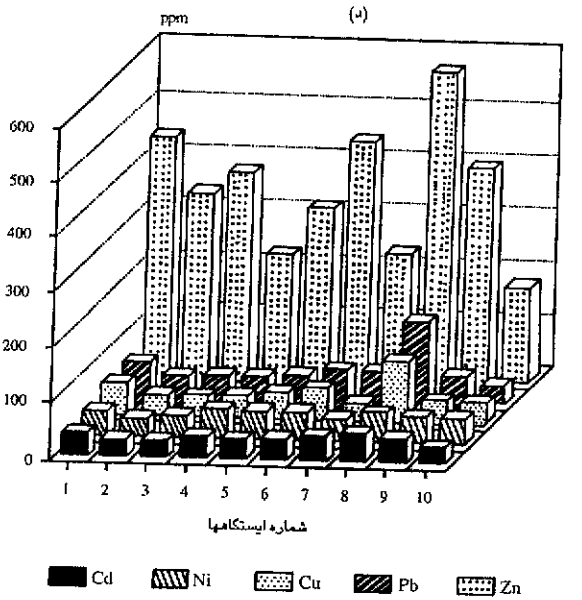


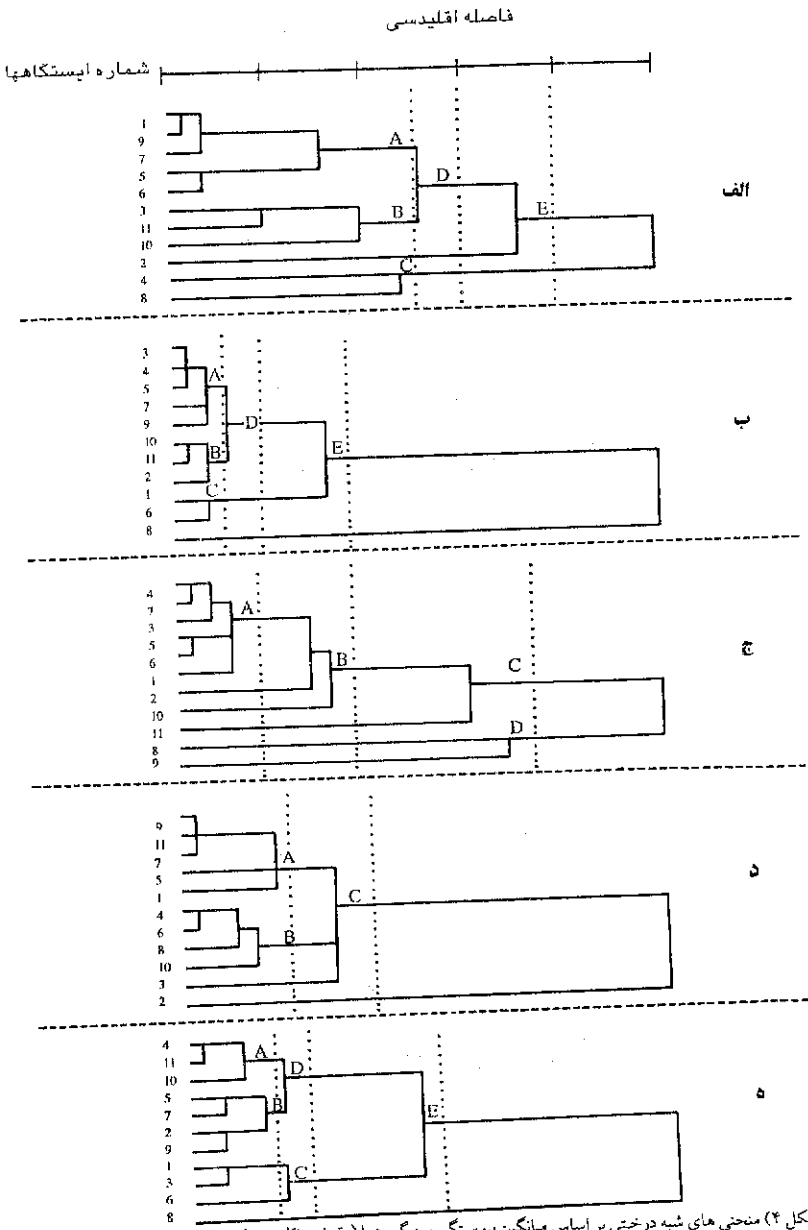
شکل ۱) محل ایستگاههای نمونه برداری



شکل ۱۳) میزان تجمع فلزات سنگین در ایستگاههای مختلف درنظر گرفته شده در تالاب انزلی در فصول مختلف (الف: پاییز ۱۳۷۰ ب: زمستان ۱۳۷۰ ج: بهار ۱۳۷۱ د: تابستان ۱۳۷۱)
* مقادیر کادمیوم بمنظور نمایش بهتر تغییرات در ۲۰ ضرب شده است.


(ε)
ppm
600
500
400
300
200
100
0
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
شماره ایستگاهها
Cd
Pb
Ni
Cu
Zn


(د)
ppm
600
500
400
300
200
100
0
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
شماره ایستگاهها
Cd
Ni
Cu
Pb
Zn



شکل ۴) منحنی های شبه درختی بر اساس میانگین پیوستگی بین گروهها (مقیاس اقلیدسی) جهت بررسی میزان ارتباط بین ایستگاههای مختلف از نظر میزان تجمع هر یک از فلزات موردنظر در رسوبات سطحی
(الف : کادمیوم ب : سرب ج : مس د : نیکل هـ : روی)

(الف)

SAMPLING SITE NO.	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
1	1.1	187.0	57.0	68.5	324.0
2	1.7	111.5	45.5	46.5	168.5
3	1.2	178.3	55.0	36.0	282.0
4	0.9	158.3	53.0	34.0	154.0
5	1.3	153.0	60.5	35.5	248.0
6	1.2	166.3	51.3	55.7	341.0
7	0.9	149.5	55.5	33.0	246.5
8	1.0	324.3	45.3	53.0	8475.0
9	1.0	298.0	57.3	50.7	198.3
10	1.1	125.7	56.3	29.0	260.0
MEAN	1.1	185.2	53.7	44.2	269.8
SD	0.2	70.3	5.0	12.7	94.4

(ب)

SAMPLING SITE NO.	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
1	0.8	57.3	55.0	72.0	379.0
2	0.5	26.4	36.5	30.5	127.0
3	0.6	41.5	51.3	39.7	366.3
4	1.2	49.1	57.3	47.7	159.7
5	0.8	49.6	66.0	44.7	196.3
6	0.9	62.6	61.3	84.7	48.4
7	0.8	43.8	66.5	36.5	163.0
8	1.3	100.8	57.3	140.0	672.0
9	0.7	40.1	67.6	42.0	200.7
10	0.7	42.6	64.3	40.0	128.3
MEAN	0.8	51.4	58.3	57.8	287.6
SD	0.3	20.0	9.4	33.4	182.5

میزان فلزات سنگین در رسوبات سطحی ایستگاههای مختلف تعیین شده در تالاب انزلی در فصول مختلف برحسب PPM وزن خشک (الف: پاییز ۷۰ ب: زمستان ۷۰ ج: بهار ۷۱ د: تابستان ۷۱)

* هریک از داده ها میانگین ۳ بار اندازه گیری در سه نقطه از هر ایستگاه نمونه برداری می باشد .
* در برخی فصول بعلت نامساعد بودن شرایط جوی ، نمونه برداری از ایستگاههای ۱۰ و ۱۱ میسر نگردید.

(ج)

SAMPLING SITE NO.	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
1	1.1	58.0	64.3	56.7	179.0
2	0.7	70.0	27.0	19.0	141.0
3	1.2	54.7	49.0	42.3	207.0
4	2.1	47.0	50.0	45.5	129.0
5	1.4	72.6	70.3	54.0	208.0
6	1.2	67.7	54.3	50.0	302.0
7	1.0	54.0	60.5	33.5	198.0
8	1.8	137.3	55.7	134.7	523.0
9	1.2	48.0	62.5	39.0	166.0
10	1.0	39.0	54.3	29.1	95.6
11	0.9	49.5	59.0	31.0	129.0
MEAN	1.2	63.4	55.2	48.7	207.2
SD	0.4	26.6	11.3	30.7	118.5

(د)

SAMPLING SITE NO.	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
1	2.0	58.0	42.5	59.0	437.5
2	1.5	38.0	30.0	36.5	333.5
3	1.4	39.0	37.3	39.3	373.3
4	1.9	41.0	48.7	40.3	225.3
5	1.7	47.7	48.3	45.3	312.0
6	1.8	58.0	47.7	57.0	439.3
7	2.2	31.0	39.0	56.0	232.5
8	2.5	110.3	50.3	148.7	570.0
9	2.1	40.3	45.7	49.7	394.0
11	1.5	39.0	44.0	34.3	178.0
MEAN	1.9	50.2	43.3	56.6	349.5
SD	0.3	22.8	6.3	33.5	118.9

فهرست منابع مورد استفاده

۱ـ منوری ، سید مسعود ـ ۱۳۶۹ ـ بررسی اکولوژیک تالاب انزلی ـ انتشارات گیلکان

2- Betti , m.& papoff , p.(1988) : Trace elements : Data informations in the characterization of aqueous ecosystem. CRC critical reviews in analytical chemistry , Vol . 19 Issue 4 .

3- Carrodo , M.J.& Reboredo , F. (1984) : Analysis of sediment for heavy metals by atomic absorption procedure . Talanta , Vol . 31 , No.7 pp .

4- Castanga , A.(1982) : heavy metal distribution sediments from the gulf of Catania (Italy) . Marine pollution bullentin , Vol . 13 , No.12 , pp. 432-434 .

5- Clements , W.H. (1991) : Community reponses of stream organisms to heavy metals . Dept . of fishery and wildlife biology , Colorado state unive.

6- Everaarts , J.M. (1993) : Heavy metals in sediment , zooplankton and epibenthic invertebrates from the area of the continental slope of the Banc d'Arguin (Muritania) . Hydrobiologya , 258 : 41-58.

7- Gerhardt,a . (1990) : Effects of heavy metals , especially Cd, on freshwater invertebretes with special emphasis on acid conditions - Dept . of ecotox . , Lund univ . sweden .

8- Ludwig , J & Reynolds , J . (1988) : Statistical ecology . Wiley and sons publications .

9- Olah , J.(1993) ; Anzali lagoon productivity and fish stoeks invrstigations . -UNDP/IRA/88/001 , Terminal report .

10- Pikington , E.S.& Warren , L.J. (1979) : Determination of heavy metal distribution in marine sediment . Environmental science technology , Vol . 13 , No.3 , pp . 294-299 .

11- ROPME . (1989) : Manual of oceanographic and pollutant analysis methods . - Kuwait .

12- Sansoni , B & lyenger , V.(1978) : Sampling and sample preparation methods for the analysis of trace elements in biological material . Kernforschungsaniage Julich Gmbh.

13- Sericano .J.L.(1982) : Cu , Cd and Zn Bianca bay surface sediments (Argentina) . Marine pollution bulletin , Vol . 13 , No.12 , pp . 429-431 .

14- Sokal , R . R . & Rohif , F.J.(1981) : Biometry. - 2nd edition . Freeman and Company , San Francisco , California .

15- Trefry , J . H. (1976) : Trace metal determination in soil and sediment . J.Env. Geol. Vol. 1 , 283 .

16- Zar , J.H. (1984) : Biostatistical analysis. -2nd edition . Prentice Hall international , Inc.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از آقای دکتر غریبی استاد محترم گروه شیمی دانشگاه تربیت مدرس به خاطر زحمت مشاوره این پروژه و آقای شمس کارشناس گروه مذکور به واسطه دقت در انجام آزمایشات قدردانی بعمل می آید .

علاوه بر این از رئیس مرکز تحقیقات شیلاتی گیلان و کارشناسان این مرکز خصوصاً طرح تالاب انزلی به خاطر مساعدت های لازم در اجرای بهینه این پروژه تشکر می گردد .

همچنین لازم است از آقایان دکتر ربانی و پورنگ در بخش آب شناسی موسسه تحقیقات و آموزش شیلات به خاطر همکاری در تدوین این مقاله تشکر گردد .