

تعیین منشا عنصر باریم در رسوبات کرانه جنوبی دریای خزر (مطالعه موردی: منطقه لاریم و فرح‌آباد)

اعظم داودی^{۱*}، راضیه لک^۲، بهروز بهرام‌آبادی^۳

۱- کارشناس ارشد رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی دانشگاه تربیت معلم، استان تهران، تهران پست الکترونیکی: davoudi242@gmail.com

۲- استادیار دانشگاه تربیت معلم و مدیریت زمین‌شناسی دریایی، سازمان زمین‌شناسی کشور، استان تهران، تهران پست الکترونیکی: lak_ir@yahoo.com

۳- کارشناس ارشد ژئومورفولوژی دانشگاه تهران و مدرس دانشگاه امام علی (ع)، استان تهران، تهران پست الکترونیکی: bahramabadi.55@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۱/۵/۲۸

* نویسنده مسوول

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۲/۸

© نشریه علمی - پژوهشی اقیانوس‌شناسی (۱۳۹۱)، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه اقیانوس‌شناسی است.

چکیده

باریم عنصری شیمیایی است که در گروه ۲ جدول تناوبی قرار دارد. با توجه به افزایش ناگهانی غلظت این عنصر در نمونه رسوبی L1-2 اخذ شده از سواحل جنوبی دریای خزر در محدوده شمالی ساری، این پژوهش با هدف شناسایی منشا آن و تعیین ارتباط آن با سایر عناصر موجود در رسوبات، انجام شد. نمونه‌های رسوبی مورد آزمون‌های دانه‌بندی و ICP قرار گرفت و نتایج با استفاده از پارامترهای آماری همچون جورشدگی، کج‌شدگی، گردشدگی، تحلیل خوشه-ای، ضریب همبستگی و تحلیل فاکتوری تجزیه و تحلیل گردید. عدم تجانس این عنصر با عناصر زمینی، زیست‌زاد و کانی‌های رسی نشان می‌دهد که منشا آن انسان‌زاد است. یافته‌ها حاکی از آن است که عنصر باریم در رخساره مردابی محدوده‌های مورد مطالعه افزایش چشمگیری دارد. این پدیده می‌تواند به دلیل ورود آلاینده‌های زیست‌محیطی موجود در آب دریای خزر به محیط مردابی و شرایط قلیایی حاکم بر آن در اثر عمل فتوسنتز جلبک‌ها و افزایش pH که شرایط مساعدی برای حفظ این عنصر به وجود آورده است، ایجاد شده باشد.

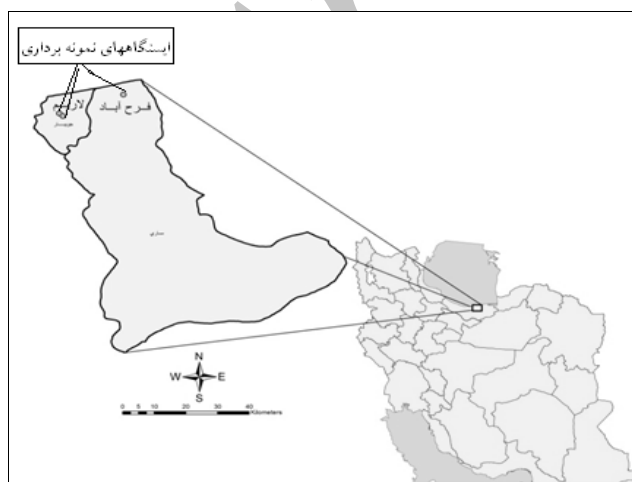
کلمات کلیدی: زیست محیطی، باریم، دریای خزر، فرح‌آباد، لاریم.

۱. مقدمه

چگونگی انحلال آنها در آب بستگی دارد. ترکیبات باریمی که به‌خوبی در آب حل نمی‌شوند عمدتاً مضر نیستند و اغلب توسط پزشکان برای اهداف درمانی استفاده می‌شوند (Water Sciences Committee USA, 2004). ترکیبات این عنصر در صنعت نفت و گاز اهمیت زیادی دارد و به‌عنوان عامل سنگین‌کننده گل حفاری به‌کار برده می‌شود (Hammond, 2000). این عنصر در تولید

باریم نوعی کاتیون نقره‌ای- سفید است و در سنگ‌های معدنی که شامل ترکیبی از عناصر شیمیایی مانند سولفور، کربن و اکسیژن هستند، وجود داشته و به سرعت در هوا اکسید می‌شود (Stwertka, 2002). اثر ترکیبات مختلف باریم روی سلامتی، به

ساحلی خزر ترکیبی از رسوبات ناپیوسته و جابجا شده‌ای است که در اثر امواج و جریان‌های مختلف نهشته شده‌اند؛ به‌خصوص بخش جنوبی دریای خزر که از نظر رسوب‌شناسی و محیط‌های رسوبی موجود در مناطق مختلف دارای ویژگی‌های خاصی همچون تغییر جنس و دانه‌بندی در بخش جنوبی از نواحی غربی تا کرانه‌های شرقی است (خوشروان، ۱۳۷۹). در این منطقه، رود تجن از مهمترین رودهای استان مازندران، قرار دارد. این رود از ارتفاعات شمالی البرز شرقی و غربی سرچشمه گرفته و پس از عبور از شهر ساری و فرح آباد به دریای خزر می‌ریزد. زمین‌شناسی حوضه رودخانه تجن بیشتر متشکل از انواع تشکیلات و رسوبات آهکی، سنگ آهکی، شیلی و ماسه‌سنگی بوده و این امر بر کیفیت آب این رودخانه موثر است (سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۶۹). میانگین ورود آب این رود به دریای خزر در حدود ۱۹/۴ متر مکعب در ثانیه گزارش شده است (شرکت سهامی آب منطقه‌ای مازندران، ۱۳۷۹). مجموع این عوامل از یک طرف باعث ایجاد فشار و تخریب منابع زیست محیطی به خصوص جنگل‌ها و فرسایش خاک گردیده و از سوی دیگر آلاینده‌های آلی فسادپذیر و غیرقابل تجزیه، سموم، مواد مغذی و فلزات سنگین به درون رودخانه تجن و در نهایت به دریای خزر وارد می‌شوند (سعیدی و همکاران، ۱۳۸۵). محدوده‌ی مورد مطالعه با توجه به جاذبه‌های گردشگری و تفریحی مورد توجه عموم است. شکل ۱ موقعیت منطقه مطالعاتی و ایستگاه‌های نمونه‌برداری را نشان می‌دهد.



شکل ۱: نقشه‌ی موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در منطقه‌ی مطالعاتی لاریم و فرح آباد

رنگ، آجر، سرامیک، شیشه و لاستیک به‌کار برده می‌شود (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2007). عنصر مزبور به‌صورت کربنات باریم در فشفشه‌های آتش‌بازی، جوشکاری و همچنین در سوخت‌های دیزل برای کاهش دوده‌های تولید وجود دارد (Klaassen et al., 1996; Rastogi et al., 1998). مهمترین کانی‌های باریم‌دار عبارتند از: باریت یا سولفات باریم ($BaSO_4$) و ویتريت یا کربنات باریم ($BaCO_3$) که میزان فراوانی باریت بیش از ویتريت است. اگرچه املاح محلول باریم به‌علت ایجاد مسمومیت شدید مصارف درمانی ندارد، اما در صنعت به‌طور وسیعی به‌صورت اکسید، کلرید، نیترات، کربنات، سولفید، هیدروکسی، استات و برومید باریم مورد استفاده قرار می‌گیرد (Reynold, 1996; Gosselin, et al, 1981). ترکیبات آلی باریم به‌صورت یونی هستند و در آب هیدرولیز می‌شوند (Cotton & Wilkinson; 1980). باریم با فلزاتی مانند آلومینیم، روی، سرب و قلع ترکیبات آلیاژی را تشکیل می‌دهد (Kresse, et al; 2007). وجود صنایع متعدد، کشاورزی، جاذبه‌های گردشگری، منابع نفت و گاز موجب افزایش بعضی از آلاینده‌های زیست محیطی در کرانه‌ی جنوبی دریای خزر شده است. از جمله این آلاینده‌ها، عنصر باریم است که نسبت به سایر عناصر موجود در رسوبات در منطقه لاریم و فرح آباد افزایش چشمگیری داشته است. هدف از این تحقیق، تعیین منشا این عنصر و شناسایی عوامل افزایش آن در این منطقه است.

۲. ویژگی‌های جغرافیایی و زمین‌شناسی عمومی منطقه

منطقه‌ی مورد مطالعه در حاشیه‌ی جنوبی دریای خزر در محدوده شهرستان ساری واقع شده است. این منطقه در شمال گسل البرز قرار دارد و از نقطه نظر چینه‌شناسی، زمین‌ساخت و روند چین‌خوردگی‌ها از روند عمومی البرز تبعیت می‌کند (درویش‌زاده، ۱۳۸۳). امتداد و انحنای آن، تابع سامانه‌ی لبه‌ی جنوبی کف سخت دریای خزر است و محور تغییر شکل‌ها در مجموع خاوری- باختری و تقریباً همه جا با انحنای به‌سمت جنوب مشخص می‌شود. علت این انحنای، انعکاس برجستگی لبه‌ی جنوبی کف دریای خزر است. یعنی مجموعه ناهمواری‌ها موازی با شکل خارجی لبه‌ی جنوبی توده‌ی سخت خزر به‌وجود آمده‌اند (محمودی، ۱۳۷۲). بیشتر رسوبات دشت‌های

۲. مواد و روش‌ها

نمونه ۱-۱ L1 و صفر درصد در نمونه‌های ۲-۲ F2 مشاهده می‌شود (جدول ۱). همچنین این نتایج حاکی از این است که رسوبات ماسه‌ای و گراولی در منطقه لاریم نسبت به فرح آباد بیشتر می‌باشد و رسوبات سیلتی و رسی در منطقه فرح آباد درصد بیشتری را به خود اختصاص داده است.

جدول ۱: موقعیت برداشت نمونه‌های رسوبی و نتایج دانه‌بندی در منطقه مطالعاتی

نمونه رسوبی	N	E	عمق	سیلت	ماسه	رس	گراول
L1-1	364444.00	525558.00	-5.00	12.55	83.42	3.52	.52
L1-2	364444.00	525558.00	-28.00	42.35	40.81	15.99	.85
L1-3	364444.00	525558.00	-42.00	10.37	85.28	3.88	.47
L2-1	364541.00	525559.00	-14.00	14.14	76.45	8.78	.63
L2-2	364541.00	525559.00	-64.00	40.99	28.34	30.67	.00
F2-1	364446.00	530542.00	-70.00	43.04	9.29	47.57	.09
F2-2	364446.00	530542.00	-50.00	43.78	.28	55.94	.00
F2-3	364446.00	530542.00	-25.00	55.27	.85	43.60	.28

۳-۲. غلظت عناصر

میزان غلظت عناصر موجود در رسوبات منطقه مطالعاتی در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به داده‌های جدول ۲ می‌توان دریافت عنصر باریم در نمونه L1-2 که از رسوبات مردابی برداشت شده با مقدار $1613/40$ ppm بیشترین فراوانی و در نمونه L1-3 که از رسوبات دریایی است با مقدار $282/20$ ppm کمترین فراوانی را دارد.

در جدول ۳ مولیدن با مقدار ۱ ppm کمترین مقدار عنصر فرعی را شامل می‌شود. در این رسوبات فراوان‌ترین عنصر فرعی، عنصر فسفر با مقدار $2432/5$ ppm است که دارای بیشترین مقدار میانگین، میانه و انحراف معیار است. بیشترین کشیدگی و کج‌شدگی به عنصر فرعی باریم با مقادیر $9/795$ و $3/064$ نیز تعلق دارد.

هیستوگرام و منحنی توزیع نرمال عنصر باریم (Ba) در شکل ۲ نشان می‌دهد که توزیع این عنصر در منطقه مطالعاتی غیرنرمال است. میانگین این عنصر $495/018$ ppm و انحراف معیار آن $378/991$ فی است. در QQ-Plot این عنصر حاکی از غیر نرمال بودن داده‌ها نسبت به خط نرمال است.

۳-۳. همبستگی عناصر

به دلیل توزیع غیر نرمال داده‌ها، برای بررسی همبستگی بین عنصر باریم با سایر عناصر، رسوبات و عمق از روش اسپیرمن استفاده شده است. ذکر این نکته ضروری است که در تهیه این

در این پژوهش ۸ نمونه رسوبی در ۳ ایستگاه مختلف به صورت حفر ترانشه در عمق‌های ۰ تا ۷۰ سانتی‌متر از دو منطقه‌ی لاریم و فرح‌آباد در حاشیه‌ی جنوبی دریای خزر برداشت گردید. در این روند، پس از حفر ترانشه، نوع رخصاره‌های هر نمونه مشخص و سپس موقعیت هر کدام با دستگاه GPS ثبت گردید. مشخصات و موقعیت ایستگاه‌های برداشت نمونه در جدول ۱ ارائه شده است. رسوبات جمع‌آوری شده به آزمایشگاه‌های سازمان زمین‌شناسی منتقل و پس از فهرست‌برداری و مخلوط نمودن یکنواخت آنها با دستگاه شکاف‌دهنده^۱ نصف گردید. به منظور ایجاد پراکنش در رسوبات از دستگاه فراصوتی^۲ استفاده گردید و در دانه‌بندی رسوبات که به روش مرطوب انجام شده از الک‌های استاندارد امریکایی A.S.T.M که شامل ۲۰۰ میلی‌متر، ۱ میلی‌متر، ۵۰۰ میکرون، ۲۵۰ میکرون، ۱۲۵ میکرون و ۶۳ میکرون استفاده گردید. در این فرآیند، ذرات زیر ۶۳ میکرون را با استفاده از دستگاه دانه‌بندی لیزری^۳ جدا شد و آزمایش‌های ICP جهت دستیابی به مقدار عناصر انجام شد. پس از اخذ نتایج آزمایشگاهی، پردازش داده‌ها با تعیین مقادیر شاخص‌های گرایش مرکزی، شاخص‌های پراکندگی، توزیع نرمال، همبستگی‌ها، تحلیل خوشه‌ای و فاکتوری و غیره در محیط نرم‌افزار SPSS 15 و Sediment Size و Excel 2007 صورت گرفت و داده‌های حاصل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

۳. نتایج

۳-۱. دانه‌بندی

نتایج دانه‌بندی نشان می‌دهد، بیشترین درصد رسوبات ماسه‌ای، رسی، سیلتی و گراولی به ترتیب در نمونه‌های L1-3 با مقدار $85/28$ ، F2-2 با مقدار $55/94$ ، F2-3 با مقدار $55/27$ و L1-2 با مقدار $0/85$ مشاهده شده است. کمترین درصد ماسه، سیلت، رس و گراول نیز به ترتیب با مقدار $28/$ درصد در F2-2، $10/37$ درصد در نمونه L1-3، $3/52$ درصد در

¹ Splitter

² Ultrasonic

³ Laser Particle Sizer

داده‌ها از بدنه‌ی اصلی داده‌ها استفاده شده و از برخی داده‌های ناهنجار چشم پوشی گردیده است (Reimann et al., 2008).
داده‌های جدول ۴ بیانگر ضریب همبستگی عناصر با رسوبات ماسه‌ای، گراولی، رسی، سیلتی و عمق هستند. عدم وجود همبستگی معنی‌دار بین عناصر، رسوبات و عمق با عنصر باریم در جدول ۴ مشاهده می‌شود.

جدول ۲: غلظت عناصر فرعی موجود در رسوبات منطقه لاریم و فرح‌آباد بر حسب ppm.

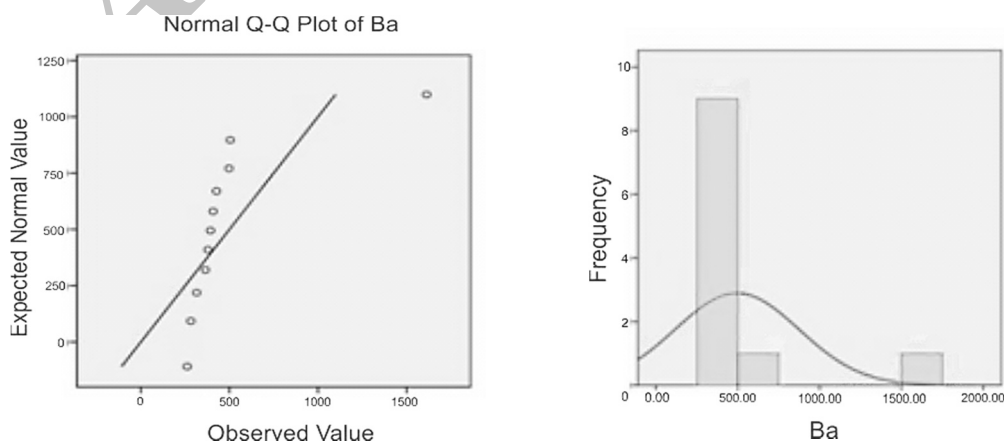
نمونه رسوبی	Ba	Co	Cr	Cu	Ni	Sr	Sn	P	Zn	U	Mo
L1-1	497.60	20.20	58.00	33.30	76.60	245.30	6.30	862.60	125.50	5.20	1.10
L1-2	1613.40	13.90	125.70	20.10	56.10	277.30	4.60	2130.80	96.10	3.70	1.50
L1-3	282.20	17.80	132.00	11.20	49.40	341.20	5.90	2432.50	95.20	4.00	1.70
L2-1	407.70	21.60	44.60	38.70	75.80	341.50	4.90	629.00	121.30	4.30	2.70
L2-2	315.00	9.70	69.50	6.90	32.30	402.00	3.50	951.40	51.90	3.90	1.00
F2-1	379.00	12.50	112.70	12.20	38.80	374.10	4.10	1254.30	79.60	3.50	2.70
F2-2	364.40	18.50	71.10	33.60	74.60	322.80	4.80	1126.40	118.60	4.10	1.40
F2-3	426.90	0.80	108.60	34.00	73.80	358.00	4.70	814.20	111.00	3.80	2.70

جدول ۳: مقادیر پارامترهای آماری (حداقل، حداکثر، میانگین، میانه، انحراف معیار، واریانس، کسیدگی و چولگی عناصر فرعی) نمونه‌های برداشت شده از منطقه مطالعاتی.

پارامتر آماری	Ba	Co	Cr	Cu	Ni	Sr	Sn	P	Zn	U	Mo
Minimum	261.50	9.70	31.60	6.10	30.30	245.30	2.70	629.0	51.00	3.00	1.00
Maximum	1613.40	21.60	150.2	38.80	76.60	469.80	6.30	2432.50	222.00	5.20	2.70
Mean	495.0182	15.08	88.7	22.00	52.50	360.84	4.37	1202.409	102.709	3.86	1.9
Median	392.8	13.9	71.7	20.10	49.40	358.00	4.60	951.40	96.10	3.80	1.8
Std.Devition	378.99	4.76	38.87	13.73	19.49	65.57	1.13	571.02	48.31	.583	.629
Variance	143634.16	22.68	1511.32	188.65	380.15	4299.47	1.27	326064.53	2334.09	.341	.396
Kurtosis	9.795	-1.91	-1.29	-2.10	-1.981	-.239	-6.11	1.35	3.27	2.15	-1.36
Skewness	3.064	.163	.141	.054	.234	-.191	.218	1.50	1.45	.92	.065

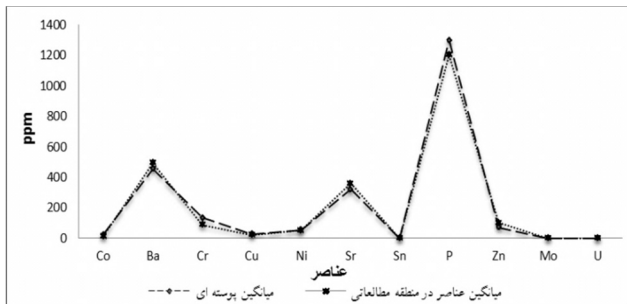
جدول ۴: جدول همبستگی اسپیرمن، ضریب همبستگی بین عناصر، رسوبات و عمق در محدوده مطالعاتی را نشان می‌دهد.

Depth	Ba	Co	Cr	Cu	Ni	Sr	Sn	P	Zn	U	Mo	sand	silt	clay	Gravel	
Depth 1																
Ba	.635	1														
Co	.142	.218	1													
Cr	-.498	.164	-.045	1												
Cu	.361	.227	.627	-.091	1											
Ni	.068	.227	.936	-.073	.600	1										
Sr	.114	-.218	-.700	-.091	-.309	-.855	1									
Sn	-.050	.000	.855	.064	.364	.900	-.873	1								
P	-.562	.209	-.373	.727	-.536	-.300	-.100	-.064	1							
Zn	.443	.236	.609	-.136	.927	.673	-.464	.500	-.473	1						
U	.085	-.055	.624	-.323	.501	.733	-.674	.779	-.364	.656	1					
Mo	.074	.046	.275	.147	.229	.000	.367	-.110	-.248	-.037	-.395	1				
sand	.598	.018	-.409	-.036	-.164	-.445	.473	-.345	.027	-.018	-.269	.028	1			
silt	-.530	.055	.482	.145	.300	.500	-.509	.373	-.045	.136	.251	.055	-.973	1		
clay	-.690	-.109	.345	.109	.100	.373	-.436	.318	.100	-.055	.219	.000	-.982	.945	1	
Gravel	.115	.340	.661	.233	.242	.656	-.670	.670	.019	.298	.305	.155	-.056	.177	.028	1



شکل ۲: هیستوگرام و منحنی نرمال و QQ-Plot عنصر Ba.

سولفات) و ویتريت (به صورت کربنات) وجود دارد (Kresse, et al., 2007). همان‌طور که در جدول ۷ مشاهده می‌شود، میانگین این عنصر در منطقه مطالعاتی (۴۹۵/۰۱۸۲ ppm) که بیشتر از میانگین آن در پوسته زمین است. این افزایش در نمودار شکل ۴ قابل مشاهده است.



شکل ۴: نمودار مقایسه میانگین عناصر فرعی منطقه مطالعاتی با میانگین مقدار عناصر در پوسته زمین بر حسب ppm.

جدول ۷: مقایسه میانگین عناصر فرعی منطقه مطالعاتی با میانگین پوسته‌ای زمین بر حسب ppm (Rudnick and Gao, 2003)

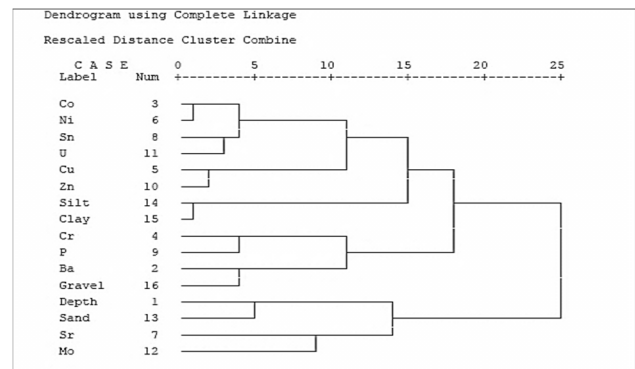
عنصر	میانگین مقدار عناصر موجود در پوسته‌ای زمین	میانگین عناصر در منطقه مطالعاتی
Ba	456	495.0182
Co	26.6	15.0818
Cr	135	88.7
Cu	27	22
Ni	59	52.500
Sr	320	360.8455
Sn	1.7	4.3727
P	1300	1202.409
Zn	72	102.7091
Mo	0.8	1.9000
U	1.3	3.8636

۳-۴. تعیین غلظت عنصر باریم در مغزه‌ها

در ایستگاه L1 واقع در منطقه لاریم، غلظت عنصر باریم در نمونه L1-2 که مربوط به رخساره مردابی است، افزایش قابل ملاحظه‌ای یافته و به صورت یک ناهنجاری ظاهر شده است. اما این تغییر غلظت در دو ترانشه مربوط به ایستگاه L2 و F2 به صورت یکنواخت است و هیچ‌گونه ناهنجاری در آنها دیده نمی‌شود. این تغییرات در قالب جدول ۸ بیان شده است.

نمودار تغییرات غلظت عنصر باریم در عمق‌های مختلف ایستگاه‌های برداشت نمونه‌ی رسوب در شکل ۵ ترسیم گردیده است. به طوری که مقادیر غلظت عنصر و Y عمق ترانشه‌ها به ترتیب بر روی محورهای X و Y رسم شداند. ناهنجاری به وجود آمده در مغزه L1 منطقه‌ی لاریم در این شکل به وضوح مشخص شده است.

با توجه به ضرایب همبستگی اسپیرمن در جدول ۴ و نمودار تحلیل خوشه‌ای شکل ۳ همبستگی بین عناصر، عمق و رسوبات مورد بررسی قرار گرفته و به ۳ گروه تقسیم شده‌اند به طوری که در جدول ۵ این تقسیم‌بندی مشخص گردید. عنصر باریم در جدول ۵ با عناصر کروم و فسفر و رسوبات گراولی در یک گروه قرار دارد.



شکل ۳: نمودار تحلیل خوشه‌ای همبستگی بین عناصر، رسوبات و عمق را نشان می‌دهد.

جدول ۵: گروه‌بندی عناصر، رسوبات و عمق با توجه به تحلیل خوشه‌ای و همبستگی بین آنها

گروه	تقسیم‌بندی همبستگی بین عناصر، عمق و رسوبات
۱	Clay, Silt, An, Cu, U, Sn, Ni, Co
۲	Ba, P, Cr, Gravel
۳	Mo, Sr, Sand, Depth

عناصر با منشاهای مختلف که حاصل تحلیل فاکتوری است در جدول ۶ ارائه شده است. هدف از به کارگیری تحلیل فاکتوری عبارتند از:

- تشخیص و تعیین فاکتورها (تجزیه)
 - تعیین سهم نسبی هر یک از فاکتورها در به وجود آمدن تغییرات توزیع عناصر است (سازمان زمین‌شناسی، ۱۳۸۴).
- عنصر باریم در این تحلیل به همراه گراول، فسفر و کروم دارای منشأ انسانزاد هستند.

جدول ۶: نتایج حاصل از تحلیل فاکتوری

ردیف	منشأ	عناصر
۱	زمینی (ژئوژنیک)	Clay, Silt, Zn, U, Sn, Ni, Cu, Co
۲	زیست‌زاد (بیوژنیک)	Sand, Mo, Sr
۳	انسانزاد (آنتروپوژنیک)	Gravel, P, Cr, Ba

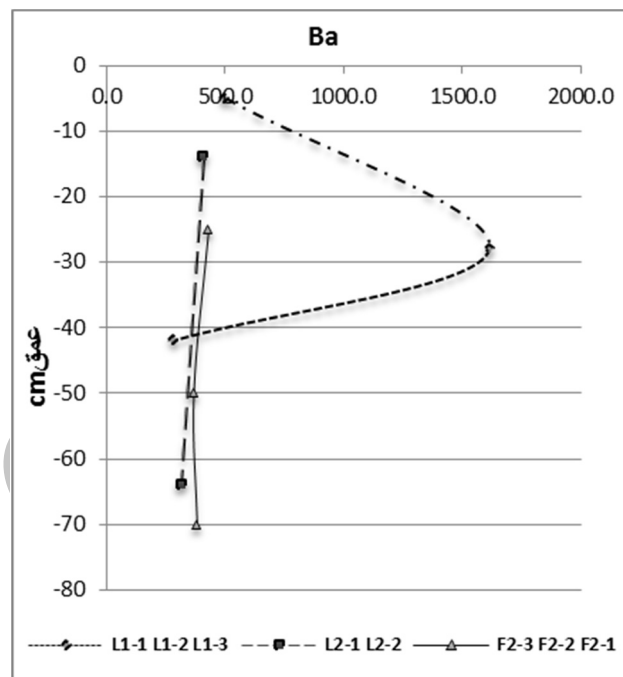
فراوانی عنصر باریم در پوسته زمین ۰.۴۲۵٪ درصد و در آب دریا ۱۳ میکروگرم در لیتر است و در کانی‌های باریت (به صورت

جدول ۸: تغییرات غلظت عنصر باریم و سایر عناصر فرعی موجود در رسوبات با توجه به عمق

ایستگاه	شماره نمونه	Depth	Ba	o	Cr	u	o	Ni	P	Sn	Sr	U	Zn
L1	L1-1	-5	497.6	20.2	58.0	33.3	1.1	76.6	862.6	6.3	245.3	5.2	125.5
	L1-2	-28	1613.4	13.9	125.7	20.1	1.5	56.1	2130.8	4.6	277.3	3.7	96.1
	L1-3	-42	282.2	17.8	132.0	11.2	1.7	49.4	2432.5	5.9	341.2	4.0	95.2
L2	L2-1	-14	407.7	21.6	44.6	38.7	2.7	75.8	629.0	4.9	341.5	4.3	121.3
	L2-2	-64	315.0	9.7	69.5	6.9	1.0	32.3	951.4	3.5	402.0	3.9	51.9
	F2-3	-25	426.9	20.8	108.6	34.0	2.7	73.8	814.2	4.7	358.0	3.8	111.0
F2	F2-2	-50	364.4	18.5	71.1	33.6	1.4	74.6	1126.4	4.8	322.8	4.1	118.6
	F2-1	-70	379.0	12.5	112.7	12.2	2.7	38.8	1254.3	4.1	374.1	3.5	79.6

به‌طور مشابه حساسیت نشان می‌دهند، شناخت ارتباط و همبستگی ژنتیکی متقابل بین عناصر مختلف می‌تواند در شناخت دقیق‌تر تغییرات موجود در محیط‌های ژئوشیمیایی به‌کار گرفته شود (Alther, 1979). به همین منظور اگرچه قبل از انجام تحلیل، داده‌ها را استاندارد می‌کنند، اما در برخی موارد باعث تفسیرهای نادرست می‌شود (Derher, 2003). در جدول ۴ بیشترین همبستگی بین دو عنصر کبالت و نیکل دیده می‌شود و عنصر باریم با روی از همبستگی جزئی به مقدار ۰.۲۳۶ برخوردار است و بالاترین همبستگی منفی بین باریم با استرانسیم وجود دارد که به علت منشا متفاوت استرانسیم (منشا زیست زاد) با باریم (منشا انسانزاد) است. همچنین ضریب همبستگی منفی بین باریم و رسوبات رسی نشان دهنده عدم جذب باریم توسط کانی‌های رسی با قدرت جذب سطحی بالا است که ماندگاری باریم را در محیط به حداقل می‌رساند. برای بیان روابط بین گروهی در عناصر، در گروهی از متغیرها که به‌وسیله‌ی حداکثر تعداد متغیرهای اصلی کنترل‌کننده تغییرات که اصطلاحاً فاکتور نامیده می‌شود از تحلیل فاکتوری استفاده می‌شود. تجربه ثابت کرده است که تحلیل فاکتوری تفکیک مناسبی برای کاهش داده‌ها در اکتشافات ژئوشیمیایی است (سازمان زمین‌شناسی، ۱۳۸۴). در تحلیل فاکتوری، داده‌های منطقه‌ی مطالعاتی در ۳ گروه زمینی، زیست‌زاد و انسانزاد طبقه بندی شده‌اند.

غلظت فلزات سنگین در رسوبات، اطلاعات زیادی درباره منشأ، توزیع و میزان آلودگی منطقه در اختیار قرار می‌دهد. زیرا این فلزات بشدت تمایل به تجمع در رسوبات دارند. همچنین رسوبات، مانند مخزنی برای نگهداری کانی‌ها، فلزات و مواد زیستی منتقل شده از حوضه‌ی آبخیز عمل می‌کنند (غضبان و زارع خوش اقبال، ۱۳۹۰). پیش‌بینی می‌شود آلودگی فلزات سنگین به دلیل فعالیت‌هایی که توسط انسان بر روی طبیعت صورت می‌گیرد افزایش یابد و با توجه به خطر آلودگی، از بین فلزات سنگین عناصری مانند آرسنیک، کادمیم، کروم، سرب و

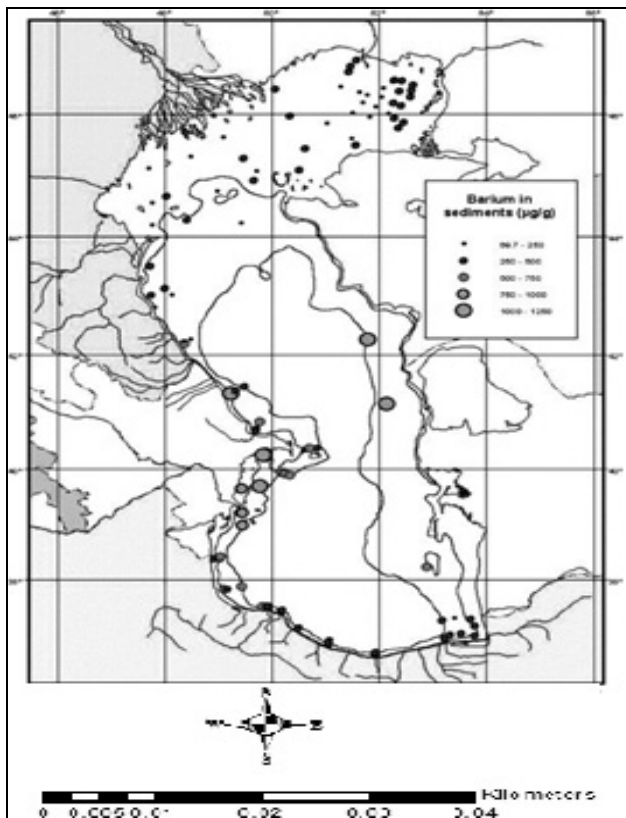


شکل ۵: نمودار تغییرات غلظت عنصر باریم در اعماق مختلف ترانشه‌ها

۴. بحث و نتیجه‌گیری

صنایع و منابع آلاینده‌ی زیست‌محیطی فراوانی در منطقه‌ی ساحلی لاریم و فرح‌آباد وجود دارند. کلیه‌ی آلودگی‌های تجمع یافته در رسوبات محیط‌های آبی، بجز فلزات سنگین و سمی، بر اثر واکنش‌هایی به‌تدریج و به‌طور نسبی تجزیه شده و از بین می‌روند و فقط عناصر سنگین و سمی هستند که در رسوبات تجمع یافته و تقریباً در محیط باقی می‌مانند (کرباسی و همکاران، ۱۳۸۹). عنصر باریم در پوسته‌ی زمین فراوان است و در بیشتر خاک‌ها فراوانی بین ۱۵ ppm تا ۳۵۰۰ ppm دارد و مقدار میانگین آن بین ۲۶۵ ppm و ۸۳۵ ppm است که به نوع خاک بستگی دارد (EPA, 1995; Kabata and Pendias, 1984). به دلیل اینکه هر گروه از عناصر نسبت به یک سری از شرایط محیطی کم و بیش

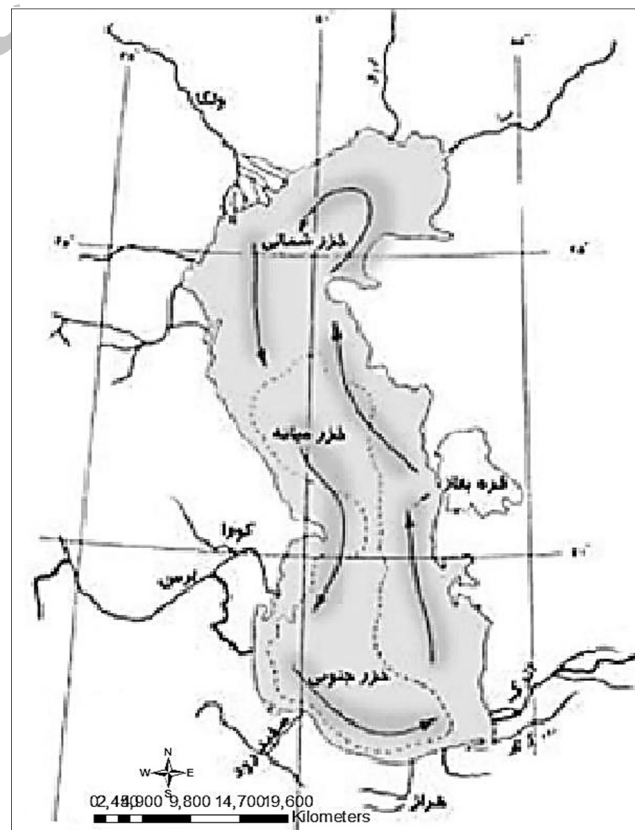
البته تعیین دقیق این فرضیه نیازمند بررسی‌های بیشتر ژئوشیمیایی است. بنا بر نتایج پژوهش‌های (EPA, 1995) تمرکز باریم در رسوبات ساحلی نزدیک سکوهای حفاری نسبت به رسوبات دورتر از سکو بیشتر است. پراکنش مقادیر باریم در رسوبات ساحلی دریای خزر را می‌توان در شکل ۷ مشاهده کرد. میانگین این پراکنش از بیشترین به کمترین به ترتیب در کشورهای آذربایجان $643 \mu\text{g g}^{-1}$ ، ایران $406 \mu\text{g g}^{-1}$ ، قزاقستان $293 \mu\text{g g}^{-1}$ و روسیه $272 \mu\text{g g}^{-1}$ مشاهده می‌شود (De Mora et al., 2004).



شکل ۷: پراکنش مقادیر باریم در رسوبات ساحلی دریای خزر (De Mora et al., 2004)

با بررسی به عمل آمده از تجزیه و تحلیل داده‌ها، مشخص گردید که میانگین عنصر باریم در منطقه مطالعاتی ppm $495/0182$ است. با توجه به هیستوگرام و منحنی QQ Plot ترسیمی، توزیع عنصر باریم در منطقه به صورت غیر نرمال صورت گرفته است. کاهش نسبی عنصر باریم در رسوبات عمقی و عدم تجانس آن با عناصر زمینی، زیست زاد و کانی‌های رسی نشان می‌دهد که منشا این عنصر انسانزاد است. افزایش غلظت عنصر باریم در رسوبات ساحلی دریای خزر را می‌توان به حفاری‌های نفت و گاز و استفاده از باریم در گل حفاری مربوط

روی بیش از بقیه مورد توجه هستند (Allowy, 1995). تمرکز این عناصر سمی در رسوبات از منابع مختلفی مانند منابع آلاینده انسانزاد، فرسایش سنگ‌های با حد زمینه طبیعی بالا، نهشته شدن موضعی فلزات و سایر آلاینده‌ها تامین می‌شود. بنا به تحقیقات غضبان و زارع خوش اقبال بر روی رسوبات تالاب انزلی (۱۳۹۰)، غلظت بالای باریم در رسوبات تالاب (406 ppm) به دلیل نفوذ آب دریای خزر را نشان داد که این نفوذ خود در اثر آلودگی‌های نفتی رخ داده است که از طریق کانال کشتیرانی به تالاب وارد شده است. غلظت عنصر باریم در منطقه لاریم و فرح آباد در جدول ۸ و نمودار شکل ۵ ارائه شده است. البته احتمال این که باریم از مواد حفاری چاه‌های نفت (Secieru, 2002) خزر با چرخش خلاف ساعت آب خزر وارد رسوبات شده باشد نیز وجود دارد که ظاهراً فشار آب رود ولگا منشا جریان محسوب می‌شود (شکل ۶). بنابر این جهت و جریان آب در حاشیه غربی از شمال به جنوب و در حاشیه شرقی از جنوب به شمال است که این جریان در مجاور سواحل ایران جهت عمومی جریان آب از غرب به شرق را تشکیل می‌دهد (علائی طالقانی، ۱۳۸۶).



شکل ۶: جهت جریان‌های دریایی در دریای خزر (تدینی، ۱۳۸۸).

- کرباسی، ع، ر؛ نبی بیدهندی غ، ر؛ غضبان، ف؛ کویکی حبیب زاده، ش، ۱۳۸۹. تفکیک شیمیایی عناصر و بررسی شدت آلودگی در رسوبات رودخانه سیاهرود. محیط شناسی، سال سی و ششم، شماره ۵۳. صفحات ۲۰-۱۱.
- محمودی، ف، ۱۳۷۲. جزوه درسی واحدهای بزرگ ژئومورفولوژی ایران، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران. ۱۳ صفحه.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 2007. Toxicological Profile for Barium compounds (Update). Atlanta, GA; U. S. Department of Public Health and Human Services, Public Service Health. 2 P.
- Allowy, B. J., 1995. Soil Pollution and Land Contamination in Pollution. Causes, effects and control. R. Harrison. Cambridge, the Royal Society of Chemistry. 552 p.
- Alther, G. A., 1979. a simplified statistical sequence applied to routine water quality analysis. A case history, Ground Water journal, Vol. 17: 556-561.
- Cotton, F.A.; Wilkinson, G., 1980. Advanced inorganic chemistry: comprehensive text, 4th Ed. New York, John Wiley. 286 p.
- De Mora, S.; Sheikholeslami, M. R.; W, Eric.; A, Sabine.; Cassi.; Roberto., 2004. An assessment of metal contamination in coastal sediments of the Caspian Sea. Vol. 48: 61-77.
- Derher, C.; G-Ler. C.; Thyne G. D.; Turner. A. M. C. J., 2002. Evaluation of 3eme cycle, University of science. ET Medical and Grenoble. France. 275 p.
- Gosselin, R.; Smuth, R.; Hodge, H., 1981. Clinical toxicology of commercial products. 5th Edition. Williams and Wilkins, London. 215 p.
- Hammond, C. R., 2000. The Elements, in Handbook of Chemistry and Physics 81st edition. CRC press. 316 p.
- Kabata, P.A.; Pendias, H., 1984. "Trace element in soil and plant" CRC press, Boca Raton, Fla. 94 p.
- Klaassen, C. D.; Amdur, M.O.; Doull J., 1996. Casarett and Doulls toxicology, the basic stance of poisons. 5th ed. ۳۷. شماره ۵۷. صفحات ۴۵-۵۶.
- دانست. با توجه به افزایش تمرکز عنصر باریم در سواحل آذربایجان و روسیه و جهت جریان آب دریای خزر می‌توان بیان داشت که این مهم منجر به افزایش میزان تمرکز باریم در حاشیه جنوبی دریای خزر در سواحل ایران شده است. بدیهی است افزایش این عنصر در نمونه رسوبی اخذ شده از منطقه‌ی لاریم (L1-2) به مقدار ۱۶۱۳/۴۰ ppm می‌تواند به علت ورود آلودگی‌های نفتی ناشی از فعالیت‌های حفاری و کانال‌کشی رانی موجود در آب دریای خزر به محیط مردابی و شرایط قلیایی حاکم بر آن که در اثر عمل فتوسنتز جلبک‌ها و افزایش pH ایجاد شده است باشد، که این فرآیند شرایط مساعدی را برای حفظ این عنصر به وجود آورده است.

منابع

- تدینی، م، ۱۳۸۸. بررسی بخش جنوبی حوضه رسوبی دریای خزر از دیدگاه زمین‌شناسی نفت. نشریه اکتشاف و تولید، شماره ۶۶ صفحات ۱۶-۱۹.
- خوشروان، ه، ۱۳۷۹. پهنه‌بندی ریخت‌شناختی سواحل جنوبی دریای خزر، وزارت نیرو، منابع آب. ۱۲۳ صفحه.
- درویش‌زاده، ع، ۱۳۸۳، زمین‌شناسی ایران (چینه‌شناسی، تکتونیک، دگرگونی و ماگماتیسیم). انتشارات امیرکبیر. ۱۳۶ صفحه.
- سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۶۹. نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، ورق ساری.
- سازمان زمین‌شناسی، ۱۳۸۴. گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی در محدوده برکه ۱:۱۰۰۰۰۰ تلخاب (۱). ۳۹ صفحه.
- سعیدی، م؛ کرباسی، ع؛ بیدهندی، غ؛ ن؛ مهرداد، ن، ۱۳۸۵. اثر فعالیت‌های انسانی بر تجمع فلزات سنگین در رودخانه تجن در استان مازندران. فصلنامه محیط شناسی. سال سی و دوم. شماره ۴۰. صفحات ۴۱-۵۰.
- شرکت سهامی آب منطقه‌ای مازندران، ۱۳۷۹. طرح مدیریت زیست محیطی اکوسیستم های آبی در حوزه آبریز رودخانه تجن، بخش اول، ج ۱ و ۲. صفحات ۹۸-۱۱۵.
- علائی طالقانی، م، ۱۳۸۶. ژئومورفولوژی ایران. انتشارات قومس. تهران. ۳۲۶ صفحه.
- غضبان، ف؛ زارع خوش اقبال، م، ۱۳۹۰. بررسی منشاء آلودگی فلزات سنگین در رسوبات تالاب انزلی (شمال ایران). نشریه محیط شناسی. سال ۳۷. شماره ۵۷. صفحات ۴۵-۵۶.

- 238 p.
- Rudnick, R. L.; Gao, S., 2003. Composition of the Continental Crust. University of Maryland, College Park, MD, USA. Vol. 3: 53 p.
- Secieru, D.; Secieru, A., 2002. Heavy Metal Enrichment of Man-Made Origin of Superficial sediment on the Continental Shelf of the North-Western Black Sea, Estuarine, Coastal and Shelf Science, Vol. 54: 513-526.
- Stwertka, a., 2002. A guide to the elements. Oxford University Press US. 144 p.
- U.S. Environmental Protection Agency., 1995. Barium and Barium Compounds. 124 P.
- Water Sciences Committee USA., 2004. P3.
- Edition. Mc Graw-Hill companies, New York. 326 P.
- Kresse, R.; Baudis, U.; Jäger, P.; Riechers, H.; Wagner, H.; Winkler, J.; Uwe Wolf, H., 2007. "Barium and Barium Compounds" in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Wiley -VCH, Weinheim. 325 p.
- Rastogi, S. C.; Pritzl, G., 1998. Red Lipstick: a source of barium to humans and the environment. Bull Environ Contam Toxicol. 185 p.
- Reimann, C.; Fitzmozer, P.; Garrett, R.; Dutter, R., 2008. Statistical Data Analysis Explained John Wiley and Sons, England. 343 P.
- Reynold, J. E., 1996. Martindale the extra pharmacopia. 13th Edition. Royal pharmaceutical Society, London.