

تركيز المعادن النزرة في الرسوبيات القاعية في المياه الإقليمية لمملكة البحرين
حسن جمعة
الهيئة العامة لحماية الثروة البحرية والبيئة والحياة الفطرية.

تستعرض هذه الورقة نتائج المعادن النزرة لبرنامج الرصد البحري المستمر الذي أنجزته الهيئة العامة لحماية الثروة البحرية والبيئة والحياة الفطرية.

على الرغم من وجود بعض المصادر الممكنة والجديرة بالاهتمام للتلوث بالمعادن النزرة، فإن عدد قليل فقط من الدراسات المعنية بهذا النوع من الملوثات في الرسوبيات القاعية للسواحل البحرية قد أنجز من ذي قبل.

ورغبة في تقويم التلوث البحري بالمعادن النزرة، فقد جمعت الرسوبيات القاعية للسواحل البحرية لبعض المناطق من مختلف المياه الإقليمية لمملكة البحرين في الفترة من 2001-2003م، وتم تحليل هذه العينات لتقدير ستة (6) من المعادن النزرة وهي الكاديوم، والكروم، والنحاس، والنيكل، والرصاص، والارصين.

وتشير الدراسة، انه وعلى الرغم من أن حمل المعادن النزرة في الرسوبيات القاعية غالباً غير بين، إلا أن هناك بعض المناطق الساخنة (hot spot) التي تساهم في هذا حمل.

بصورة عامة، فإن تركيز المعادن النزرة في الرسوبيات القاعية في المياه الإقليمية لمملكة البحرين أقل بكثير مما هو عليه في دول الخليج العربي. ويبدو، كما تشير الدراسة، أنه ليس لها دلالات سمية. ومن الجدير ذكره، وبناءً على مواصفات وخصائص الرسوبيات القاعية لمناطق هذه الدراسة يمكن مقارنتها بالمناطق غير الملوثة في العالم. وتشير هذه الدراسة إلى ضالة الأثر الأدمي لإثراء المعادن النزرة في هذه المناطق.

إن الدراسات البيئية في الخليج العربي لها أهمية قصوى. الخليج العربي عبارة عن منطقة ضحلة نسبياً، وشبه مغلقة، ويتميز بمعدل تبخر عالٍ جداً ومياهه تتدفق بصورة بطيئة جداً (Sheppard, 1993). بناءً عليه، فإن الملوثات التي تتدفق إلى مياهه من مختلف المصادر يكون ذوبانها محدود وتشتتها بطيء بعكس ما هو عليه في أنظمة البحار المفتوحة. كما يتميز النظام البيئي للخليج العربي بالهش نسبياً، ذو درجة حرارة وملوحة عالية نوعاً ما، كما يتعرض الخليج إلى أشعة الشمس العالية معظم أيام السنة. وإن كثيراً من الكائنات الحية تؤدي وظائفها الفسيولوجية في هذا الخليج بالقرب من حدودها العليا. لذلك، فإن أي إضافة للملوثات من المرجح أن يضيف تبعات غير محمودة العواقب.

إن رصد ملوثات الرسوبيات القاعية مهم جداً لتتبع واقتفاء أثر الاتجاهات والميولات على المستوى الإقليمي، ويعمق الفهم للآثار والأخطار المحتملة على الموارد في هذا الخليج، وكذلك اتخاذ القرارات الإدارية اللازمة. وإن الرسوبيات القاعية توفر الذاكرة القصيرة والطويلة المدى لتفريغ وتدفق الملوثات للخليج.

إن الرسوبيات القاعية تدمج تراكيز الملوثات بمرور الوقت، ولذلك، فلها القدرة على تخفيض بعض هذه المشاكل. لقد حظي التلوث بالمعادن النزرة، في السنوات الأخيرة، باهتمام كبير، وأصبح من أحد اهتمامات الناشطين والعاملين في المجال البيئي، وذلك أن هذه المعادن، كالرصاص والكاديوم والنحاس وغيرها، ذات تأثير سام ولو كانت بتراكيز ضئيلة جداً، وتتراكم في الأنسجة الحية، مما يجعلها تؤثر في النظام المائي. إن المجتمعات القاعية المتأثرة بتلوث المعادن النزرة تتميز على أن وفرتها منخفضة وتنوعها الحيوي قليل، وتنتقل من مجتمع متكامل حيويًا إلى متسامح (Winner et al., 1980; La Point et al., 1984; Clements, 1991).

إن الرسوبيات القاعية تعتبر بيئة حاضنة وناقل مهم للعناصر النزرة في البيئة وتعكس جودة النظام الأنبي، وأن مصادر العناصر النزرة مباشرة وغير مباشرة مثل الترسيب الجوي (De Lacerda et al., 1991).

ولتقويم الأثر والضرر البيئي للرسوبيات القاعية الملوثة، فإن المعلومات المتوفرة عن التراكيز الكلية غير كافية لتقدير الأثر. وإن تركيز المعادن النزرة يعتبر جزءاً مهماً في تقويم الأثر وعلى الأخص ذلك الجزء الذي قد يأخذ أثره فيما بعد في العمليات البيولوجية الحيوية. بناءً عليه، فإن الخطوتان الرئيستان في عملية تقويم الأثر للمعادن النزرة في الرسوبيات القاعية كما يشير (Forstner 1983) هما:

1. تصنيف ورصد ومراقبة مصادر التلوث
2. تقدير الآثار المحتملة أو الضرر على الرسوبيات القاعية الملوثة.

وفي هذا الصدد، وللوصول إلى استنتاج علمي ونتائج سلبية من عملية رصد المعادن النزرة في الرسوبيات القاعية فإنه لا بد وأخذ خطوتين مهمتين في عين الاعتبار هما، تقدير الخلفية العلمية لمعدلات وتراكيز المعادن النزرة وتوصيف التوزيع والتنوع الجيوكيميائي للمعادن النزرة لتلك الرسوبيات في منطقة محددة ومعينة.

ونظراً للعدد القليل من الأبحاث التي أنجزت في هذا المجال في مملكة البحرين، ورغبةً في تقويم التلوث البحري للرسوبيات القاعية بالمعادن النزرة، فإن هذه الدراسة تهدف إلى معرفة تراكيز المعادن النزرة الطبيعية والموجودة في البيئة البحرية من جانب والمناطق الملوثة من جانب آخر.

جمع العينات

جمعت عينات الرسوبيات القاعية في المياه الإقليمية لمملكة البحرين في الفترة بين عامي 2001 و 2003 ميلادية، وكانت طريقة جمع العينات تتماشى وتتسجم مع الخطوط الاستراتيجية العالمية المعترف بها دولياً (UNEP, 1991) وان الشكل رقم (1) يبين جميع المناطق التي تم جمع العينات منها.

وقد جمعت الرسوبيات القاعية بواسطة (Van Veen grab) وضعت بعدها مباشرة في أوعية بلاستيكية نظيفة ومعدة سلفاً لهذا الغرض، وقد جمدت هذه العينات في مجمدة في درجة حرارة (-18م) ونقلت إلى المختبر للحفاظ. بعدها جففت جميع العينات بواسطة التجفيد ومن ثم غربلت لإزالة الشوائب والشظايا غير المرغوب فيها، وجمعت الأجزاء ذات الجزيئات الأقل سمكاً من 63ميكرون، ونقلت إلى قنينات زجاجية نظيفة، ورجت جيداً للحصول على مسحوق متجانس القوام.

تم وزن ما بين 150مجم و 600مجم من المسحوق المتجانس القوام، ونقل إلى أوعية بلاستيكية خاصة أو ما يعرف بـ (Teflon) للمعالجة والهضم و أضيف إليها 5ملم من حمض النتريك المركز النقي (HNO_3) و 2ملم من حمض الفلور المركز النقي (HF) واستخدم جهاز Milestone MLS Ethios Plus II لهضم وتذويب العينات (المسحوق).

وكانت كل مجموعة من العينات التي تم هضمها وتذويبها بواسطة جهاز تحتوي على الأقل عينة من البلاك (blank) وعينة ممثلة من العينات المرجعية معروفة التراكيز، وثلاث عينات من كل عينة للتحليل، وذلك للتأكد من كفاءة عملية الهضم والتجانس، وقد استغرقت عملية الهضم في حدود 40 دقيقة في درجة حرارة 200م، بعدها تركت ساعة من الوقت لتبريد، وأضيفت إليها فيما بعد 0.4مجم حمض البوريك لكل عينة لتذويب الفلور المترسب، و أعيدت العينات إلى جهاز Milestone MLS Ethios Plus II مرة أخرى لمدة 40 دقيقة بدرجة حرارة 200م ولمدة ساعة بعد تركها ساعة للوصول لدرجة حرارة الغرفة (25م) نقلت العينات بعد تذويبها بالماء المقطر إلى قوارير حجميه ذات سعة 50مل وملئت بالماء المقطر.

بعدها استخدام جهاز الطيف الذري Thermo elemental Atomic Absorption Spectrometer لتحليل المعادن النزرة في الصباح المهضومة وقدرت النتائج عن طريق استخدام منحني معياري باستخدام تقارير و تراكيز معلومة مسبقاً لمختلف العناصر النزرة.

وقد استخدم نظام الجودة Quality Control في جميع مراحل المعالجة للتأكد من الحصول على نتائج موثوق بها.

النتائج والمناقشة

نظرة عامة

لقد قدرت الدراسة ستة (6) عناصر نزره في الرسوبيات القاعية للمياه الإقليمية لمملكة البحرين وبيّن الجدول (1) متوسط تركيز العناصر النزره في الرسوبيات القاعية لمملكة البحرين لمناطق الدراسة.

من المهم جداً ملاحظة أن الاختلاف في تركيز المعادن النزره في المناطق المختلفة يعكس الاختلاف في التركيبة الكيماوية والجيولوجية للرسوبيات القاعية المختلفة.

تتأثر تراكيز المعادن النزره في النظام البيئي بعدة عوامل وآليات، وأن الطبيعة الكيماوية والفيزيائية للبيئة البحرية هي إحدى العوامل المؤثرة في تحديد وتقدير تراكيز المعادن النزره. كما أن نوعية الرسوبيات القاعية تضيف عاملاً آخر إلى ذلك. إن الطين والمواد العضوية و أكاسيد المعادن تعتبر عوامل إثراء تؤثر في توزيع المعادن النزره في الرسوبيات القاعية.

وعلى الرغم من دور الرسوبيات القاعية من جهة، ومهمة المواصفات الكيماوية في برامج الرصد إلا أن المشاكل المتعلقة بالاختلافات الزمنية والمكانية نتيجة للعمليات الفيزيائية والإحيائية المتكررة للرسوبيات القاعية تجعل من الصعب الحصول على عينات ومعلومات تمثيلية. بالإضافة إلى ذلك، ونظراً لميول المعادن النزره في أن تتراكم في الرسوبيات القاعية فإن تواجدها في عمود الماء يكون لمرحلة آنية فقط إذ إنها تنرسب في القاع.

فيما يتعلق بتفسير النتائج، فقد قورنت النتائج بقيم الخطوط الاسترشادية لجودة الرسوبيات القاعية البحرية لإدارة المحيطات والغلاف الجوي الوطنية الأمريكية (NOAA)، وفي حالة تعذر وجودها، فقد استخدمت قيم الخطوط الاسترشادية الكندية لجودة الرسوبيات القاعية، كما يشير الجدول رقم (3).

الجدول (3).

قيم الخطوط الاسترشادية الأمريكية (NOAA) والكندية لجودة الرسوبيات القاعية

Chemical	Units	NOAA		Canada	
		ERL	ERM	ISQG	PEL
Cd	µg/g-dry	1.2	9.6	0.7	4.2
Cr	µg/g-dry	81	370	52.3	160
Cu	µg/g-dry	34	270	18.7	108
Pb	µg/g-dry	47	220	30.2	112
Ni	µg/g-dry	21	52		
Zn	µg/g-dry	124	271		

الجدول (1).

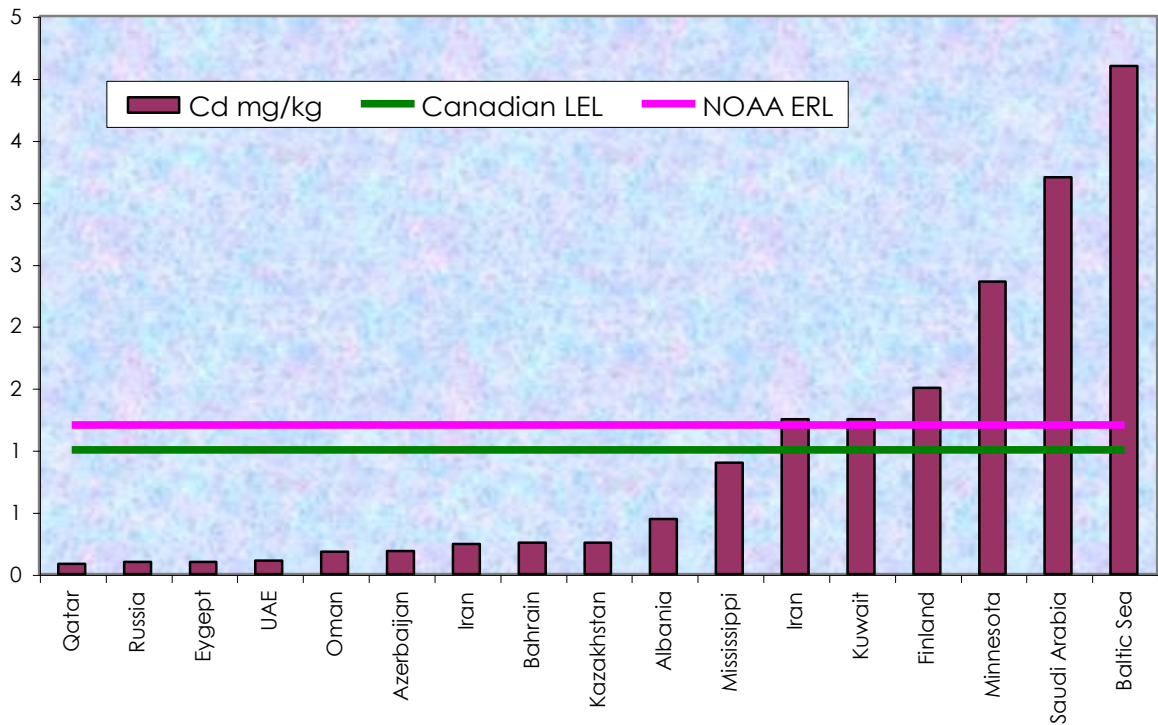
تركيز العناصر النزره (μg^{-1} dry weight) في الرسوبيات القاعية لمملكة البحرين

Station	Cd (ngg^{-1})	Pb	Cr	Ni	Zn	Cu
---------	--------------------------	----	----	----	----	----

Addur	79.31	2.34	22.87	9.06	28.92	59.73
Askar	136.96	11.20	40.20	6.87	19.07	32.28
Bapco	326.77	107.73	34.16	15.95	46.55	42.42
Jasra	249.61	0.56	41.37	11.36	25.95	22.35
Marina Club	439.55	13.78	22.26	19.03	82.31	61.23
N. Meridien	213.93	0.92	47.25	13.65	14.02	15.82
R.O.Plant	168.13	24.96	35.14	10.78	30.95	14.58
Sitra power plant	394.97	1.34	100.18	18.96	59.00	40.99
Min	79.31	0.56	22.26	6.87	14.02	14.58
Max	439.55	107.73	100.18	19.03	82.31	61.23
Average	251.15	20.35	42.93	13.21	38.35	36.17

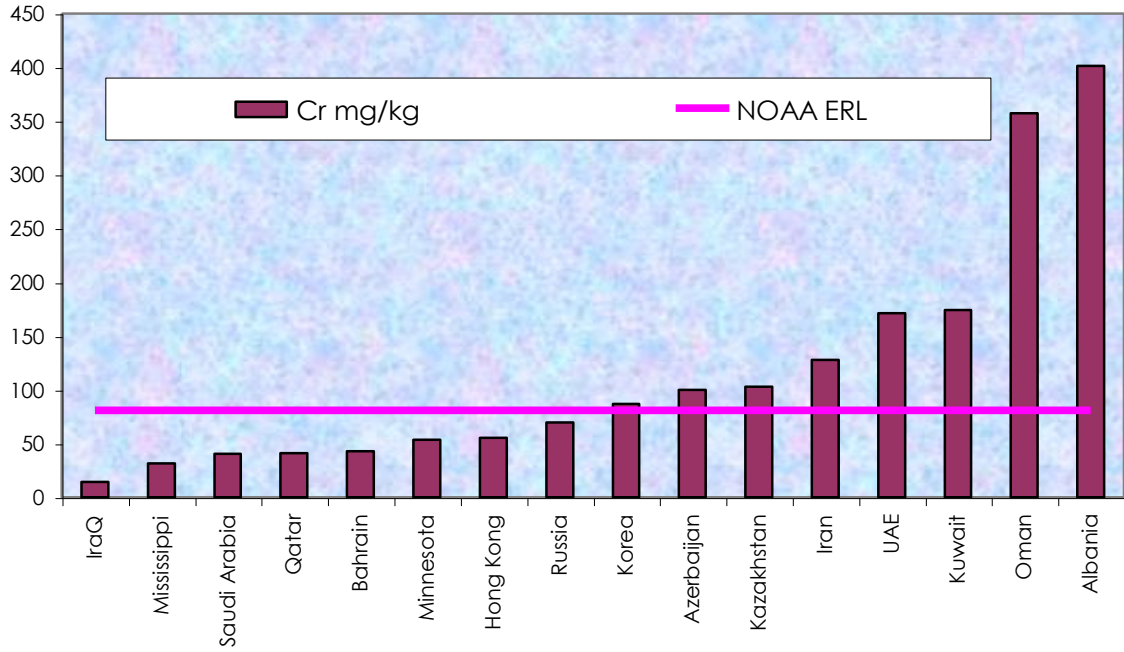
الكاديوم :

تحتوي الأحجار الرسوبية البحرية على حوالي 15 mgkg^{-1} من الكاديوم (WHO,1992) ، في حين تحتوي القشرة الأرضية على 0.16 mgkg^{-1} من الكاديوم. لا يمكن ربط الكاديوم في البيئة البحرية بمصادر معينة، وان مصادره في الخليج العربي محدودة جدا. إن تركيز الكاديوم في الرسوبيات القاعية في مناطق الدراسة لا يشير إلى أي شذوذ بين المناطق، إذ كان متوسط التركيز هو 0.251 mgkg^{-1} ، في حين كان أعلى تركيز سجل في منتجع النادي البحري بتركيز وقدره 0.439 mgkg^{-1} . وأن جميع التراكمات في كل المناطق بما فيها قيمة منتجع النادي البحري لم يتعدوا قيمة التركيز الأدنى للخطوط الاسترشادية الأمريكية (NOAA) كما يشير الشكل (2-1).



الكروم:

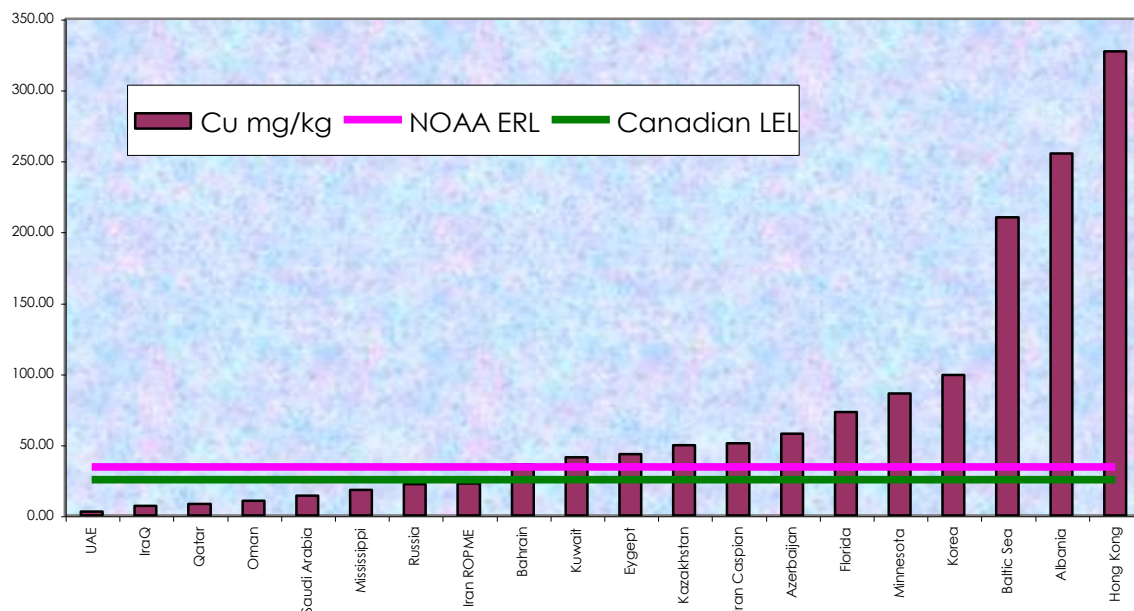
تم تقدير الكروم في جميع المناطق لجميع العينات، وتراوح تركيز الكروم بين 22.26 mgkg^{-1} و 100.18 mgkg^{-1} ، وبمعدل 42.93 mgkg^{-1} ، وسجل أعلى تركيز وهو 100.18 mgkg^{-1} شرق مصب مياه الصرف الصناعي لمحطة سترة لتحلية المياه، والذي يمكن عزو ذلك لاحتمالية تأثير المنطقة بمياه الصرف الصناعي لشركة البحرين لسحب الألومنيوم الذي كان يقذف بمخلفاته في المنطقة والتي كانت تحتوي على تراكيز متذبذبة من الكروم، والتي كانت تستخدم في طلاء الألمنيوم. والذي بدوره تعدى قيمة التركيز الأدنى للخطوط الاسترشادية الأمريكية (NOAA) للرسوبيات القاعية البحرية، فيما التراكمات الأخرى كانت أدنى بكثير من ذلك، كما يشير الشكل (2-2).



أضف إلي ذلك فان تراكيز الكروم في الرسوبيات القاعية للخليج العربي في حدود 125 mgkg^{-1} ، كما يشير (SOMER 2003)، ويعتقد (SOMER 2003) بأن التراكيز العالية للكروم التي تتعدى قيمة التركيز الأدنى للخطوط الاسترشادية الأمريكية (NOAA) للرسوبيات القاعية مصدرها التواجد الطبيعي للكروم في الرسوبيات القاعية البحرية في الخليج العربي. ومن الجدير ذكره أن تركيز الكروم في القشرة الأرضية هو 122 mgkg^{-1} . وعند مقارنة تراكيز الكروم في الرسوبيات القاعية في البيئة البحرية في مملكة البحرين ببعض دول العالم فان تراكيز البحرين تعتبر الأقل كما يشير الشكل (2-2)

النحاس:

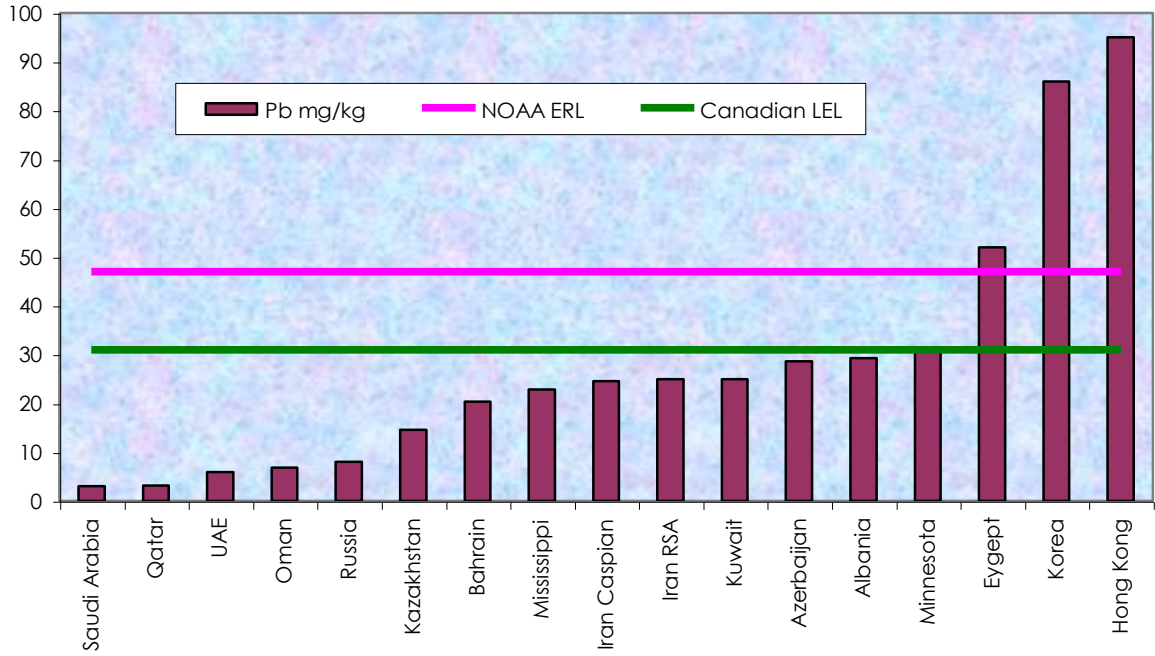
يتراوح تركيز النحاس بين 14.58 mgkg^{-1} و 61.23 mgkg^{-1} بمتوسط وقدره 35.9 mgkg^{-1} . وقد سجل أعلى تركيز في منتجع النادي البحري بتركيز وقدره 61.23 mgkg^{-1} ، وهو أعلى من القيمة الدنيا للخطوط الاسترشادية الأمريكية (NOAA) للرسوبيات القاعية. فيما لم يتعد القيمة الكندية المسموح بها وهي 100 mgkg^{-1} ، كما يشير الشكل (2-3)



ويتراوح تركيز النحاس في الرسوبيات القاعية البحرية بين 2 mgkg^{-1} إلى 740 mgkg^{-1} . وأن الأسماك والفقاريات والنباتات تراكم النحاس في أنسجتها، وأن تراكيز النحاس التي قدرت في الكائنات الحية في مناطق الرسوبيات القاعية البحرية الملوثة أعلى منها في المناطق غير الملوثة كما يشير (WHO,1998).

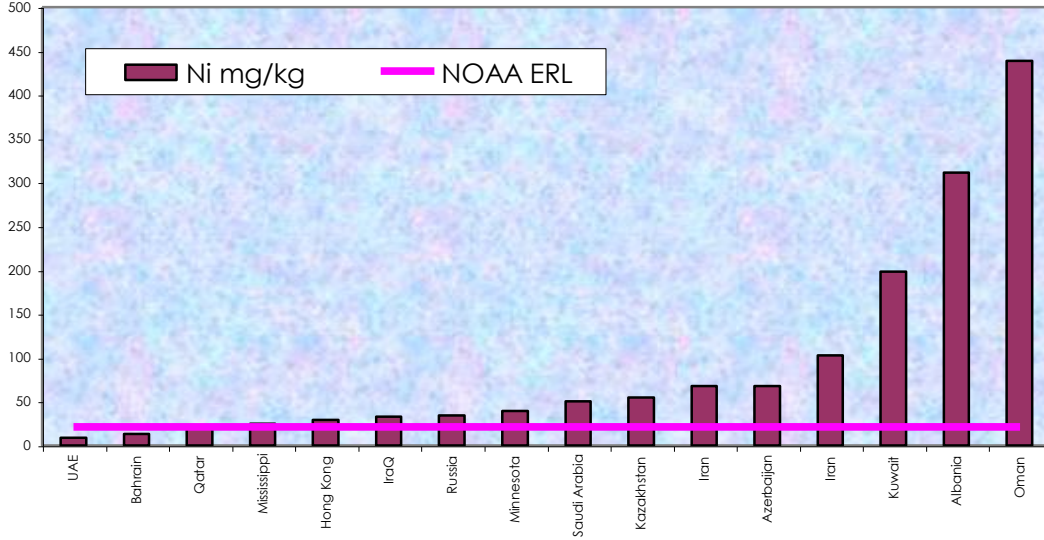
الرصاص:

إن متوسط تراكيز الرصاص في الرسوبيات القاعية البحرية لمملكة البحرين في المناطق التي تمت دراستها كانت 20.35 mgkg^{-1} ، بينما أعلى تركيز هو 107.73 mgkg^{-1} الذي وجد بالقرب من مصب مياه الصرف الصناعي لمعمل التكرير، وإن هذا التركيز أعلى من القيمة الدنيا للخطوط الاسترشادية الأمريكية (NOAA) للرسوبيات القاعية وهي 47 mgkg^{-1} ، وحتى القيمة (60 mgkg^{-1}) الأمريكية والمصنفة للمناطق الملوثة جداً. إن التراكيز العالية للرصاص في هذه المنطقة قد رصدت من قبل بعض الباحثين، (Fowler et al,1993)، والذي يعزز الفرضية بأن مصدر الرصاص هو معمل التكرير، وأنه كلما اتجهنا جنوباً قل التركيز. وعلى الرغم من تأثير قيمة معمل التكرير على متوسط التركيز الكلي للمناطق الأخرى فإن معدل التركيز أقل من كثير من دول العالم كما يوضح الشكل (2-4).



النكل:

يوضح الشكل (5-2) تركيز النكل في المناطق التي تم تقدير النكل فيها، وهو شبيه الكاديوم، والذي يعكس الخلفية العالية لتراكيز النكل في الخليج العربي والتي تقدر بـ 80 mgkg^{-1} . إن تراكيز النكل في الرسوبيات القاعية في البيئة البحرية في مملكة البحرين منخفضة، على نحو استثنائي، مقارنة بقيم الخليج العربي والتي لم تتعد تراكيزه القيمة الدنيا للخطوط الاسترشادية الأمريكية (NOAA) للرسوبيات القاعية. وقد وجد أعلى تركيز في منتجج النادي البحري بتركيز وقدره 19.3 mgkg^{-1} . إن مستوى النكل عادة ما يميل إلى أن يكون مرتفعاً في المناطق التي تتعرض إلى تسربات نفطية، إذ أن النفط يحتوي على النكل. أضف إلى ذلك، فإن تآكل أنابيب النكل والنحاس يعتبر مصدراً من مصادر النكل في البيئة البحرية، إذ أنها تستخدم بصورة مكثفة في منطقة الخليج العربي في عمليات تحلية المياه. ويوضح الشكل (5-2) بأن متوسط تركيز النكل في البحرين يعتبر الأقل بين الدول التي قورنت بها.



الخاصين:

بصورة عامة فإن نمط توزيع الخاصين يشابه النحاس والرصاص، وذلك لتأثير حجم ونوعية الرسوبيات القاعية.

إن متوسط تركيز الخاصين كان 38.35 mgkg^{-1} ، وأن أعلى تركيز وجد في منتجع النادي البحري بتركيز وقدره 82.31 mgkg^{-1} ، والذي بدوره لم يتعد القيمة الدنيا (120 mgkg^{-1}) للخطوط الاسترشادية الأمريكية (NOAA) كما يشير الشكل (2-6)، في حين تقدر القيمة الطبيعية للخاصين في التربة بـ 100 mgkg^{-1} .

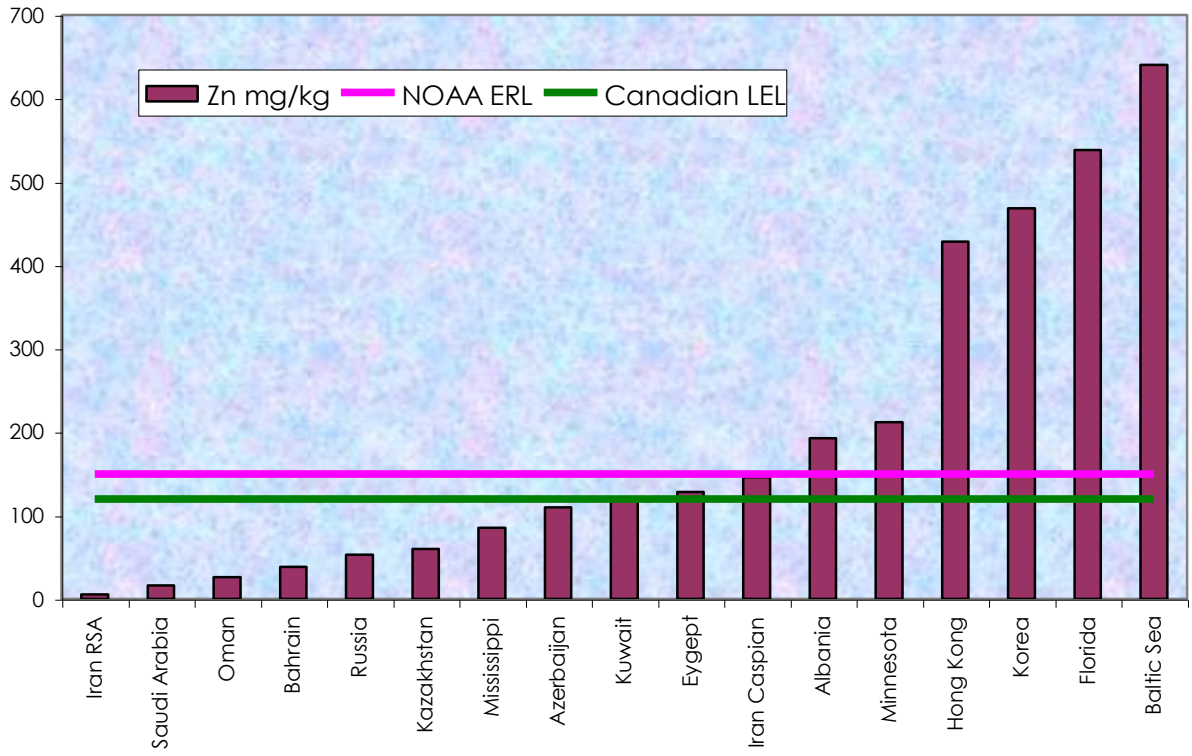


Table-6

Trace metal levels ($\mu\text{g/g}$) in sediments in Bahrain and other areas of the World

Trace metal	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	V mg/kg	Zn mg/kg	Mn mg/kg	Reference
Azerbaijan	0.19	100.00	57.60	68.00	28.60	136.00	110.00	971.00	De mora et al, 2004
Iran	0.24	128.00	50.90	67.80	24.60	145.00	146.00	1111.00	De mora et al, 2004
Kazakhstan	0.25	103.00	49.50	54.80	14.60	81.20	59.90	630.00	De mora et al, 2004
Russia	0.10	69.30	21.90	34.20	8.03	84.50	52.90	455.00	De mora et al, 2004
USA Florida Orlando			73.00		1025.00		538.00		Baker, M. D., Yousef A. Y., 1991
USA Minnesota	2.36	53.50	86.00	39.00	30.80		212.00	896.00	Minnesota Pollution Control Agency, 2000
Korea		87.00	99.00		86.00		468.00		Kwon, Y and Lee C. 2001
Egypt	0.10		43.00		52.00		128.00		Egyptian Environmental Affairs Agency (1999)
Baltic Sea	4.10		210.00				640.00		Baltic Marine Environment Protection Commission, 1987
Finland	1.50								Baltic Marine Environment Protection Commission, 1987
Adriatic Albanian coast	0.45	401.00	255.00	311.00	29.20		193.00	6149.0	Celo, V and Et al, 1999
Portugal	0.16 – 0.38		22 - 46					101 - 246	Caetano, M and et al, 2002
Hong Kong		55.00	327.00	29.00	95.00		428.00	383.00	Tanner, P.A., Leong, L.S., 1997
West-central Mississippi	0.90	31.23	17.93	24.95	22.90		85.38	316.80	Mississippi Department of Environmental Quality, 1996
Bahrain	0.25	42.93	36.17	13.21	20.35		38.35	69.25	This study
Kuwait	1.25*	174.00	41.00	198.00	25*	120.00	119.00	845.00	* Anderline et al., 1986, Basaham A S. and Al Lihaibi, S S, 1993
Iran RSA	1.25		22.50	103.0	25.00	40.00	5.50	450.00	Anderline et al., 1986
Oman	0.18	357.0	10.40	439.0	6.79	48.00	26.30	310.00	Fowler et al., 1993
Qatar	0.08	40.80	8.02	20.80	3.16	32.10			De mora et al, 2005
UAE	0.11	171.00	2.62	8.60	5.88	35.50			De mora et al, 2005
Saudi Arabia	3.20	54.00	15.00	61.00	3.05	33.00	25.00	179.00	Basaham A S. and Al Lihaibi, S S, 1993
Mt.Mitchell ROPME Sea Area	60-400		0.2-18	2.3-89	0.2-64	2.6-41.5	4.2-410.3	17-405	Al Abdali et al, 1996
Umitika-Maru ROPME Sea Area	0.06-0.40		2.3-142.0	1.9-109.2	1.0-64.3	1.4-99.9	4.2-410.3	8.9-517.0	Al-Majid et al, 1998

المراجع

Al-Lihaibi S.S. and Ghazi S.J. (1997). Hydrocarbon distributions in sediments of the open area of the Arabian Gulf following the 1991 Gulf war oil spill. *Marine Pollution Bulletin*, 34: 941-948.

Baker, M. D., Yousef A. Y. (1991). METAL ACCUMULATION AND IMPACTS ON BENTHIC ORGANISMS IN DETENTION POND SEDIMENTS

Balls, P.W. (1985) : Trace metals in the Northern North Sea. *Marine Pollution Bulletin*, Vol.16, No.5. pp 203-207.

Baltic Marine Environment Protection Commission - Helsinki Commission – (1987). Progress Reports on Cadmium, Mercury, Copper and Zinc Baltic Sea Environment Proceedings No. 24

Basaham A.S and Al-Lihaibi S.S. (1993). Trace Elements in Sediments of the Western Gulf. *Marine Pollution Bulletin*, 27:103-107.

Bouloubassi I. and Saliot A. (1993). Dissolved, particulate and sedimentary naturally derived polycyclic aromatic hydrocarbons in a coastal environment- geochemical significance. *Marine Chemistry*, 42, 565-571.

Caetano, M. Vale, C., and Bebianno, M. (2002). Distribution of Fe, Mn, Cu and Cd in Upper Sediments and Sediment-Trap Material of Ria Formosa (Portugal). *Journal of Coastal Research* SI 36 118-123

Celo,V., BABI, D., BARAJ, B. and Cullaj,A. An Assessment of Heavy Metal Pollution in the Sediments Along the Albanian Coast. *Water, Air, and Soil Pollution* 111: 235–250, 1999.

Clements, W.H., (1991). Community Responses of Stream Organisms to Heavy Metals: A Review of Descriptive and Experimental Approaches. In *Ecotoxicology of Metals: Current Concepts and Applications*, pp 363-391. Edited by Newman, M.C. and McIntosh, A.W. Boca Raton, FL: CRC Press

De Lacerda, L. D. and Salomons, W. et al.(1991). *Biogeochemistry* 14, 91.

De Mora, S.J., Sheikholeslami, M.R., Wyse, E., Azemard, S., Cassi, R., (2004). An assessment of metal contamination in coastal sediments of the Caspian Sea. *Mar. Pollut. Bull.* 48, 61–77.

Egyptian Environmental Affairs Agency (1999). Annual Report of Environmental Data from Coastal Areas of the Gulf of Suez, Red Sea proper and Gulf of Aqaba in 1999.

El-Sharkawi, F.M. (1988): Environmental Health Aspects of Coastal Area Activities. In: (ROPME/UNEP) proceedings of the ROPME Workshop on coastal area development. UNEP Regional Seas Reports and Studies No. 90. UNEP, 1988 and ROPME Publication No. GC-5/006. Pp. 113-122

Forstner, U.: (1983). *Applied Environmental Geochemistry*, Academic Press London, 395.

Fowler, S.W., Readman, R.W., Oregioni, B., Villeneuve, J. -P., and McKay, K.(1993): Petroleum Hydrocarbons and Trace Metals in Nearshore Gulf Sediments and Biota Before and After the 1991 War: An Assessment of Temporal and Spatial trends. *Marine Pollution Bulletin*, 27,171-182

Fowler, S.W; (1985) : Coastal baseline studies of pollutants in Bahrain, UAE and Oman. IAEA. Paper for Regional Symposium for the Evaluation of Marine Monitoring and Research Programmes 8-12 Dec. Al-Ain. UAE.

Hong H., Xu L., Zhang L., Chen J.C., Wong Y.S. and Wan T.S.M. (1995). Environmental fate and chemistry of organic pollutants in the sediment of Xiamen harbor and Victoria harbor. *Marine Pollution Bulletin*, 31: 229-236.

Jeng W.L. and Han B.C. (1994). Sedimentary coprostanol in kaohsiung harbor and the Tan-Shui estuary, Taiwan. *Marine Pollution Bulletin*, 28: 494-499.

La Point, T, W.; Melancon, S. M.; and Morris, M. I. (1984). Relationships, Among Observed Metal Concentrations, Criteria, and Benthic Community Structural Responses in 15 Streams." *Journal of the Water Pollution Control Federation* 56 (September 1984): 1030-1038.

Linden. O. (1982): Report of Marine Pollution and Fisheries in Bahrain. FAO Rome. Italy.

Minnesota Pollution Control Agency (2000). Trace Metal Concentrations in Surface Sediments of Nine Minnesota Northern Lakes and Forests Ecoregion Reference Lakes

Mississippi Department of Environmental Quality (1996) State of Mississippi Water Quality Criteria for Intrastate, Interstate, and Coastal Waters, Jackson, Mississippi.

Readman J.W., Bartocci J., Tolosa I., Fowler S.W., Oregioni B. and Abdulraheem M.Y. (1996). Recovery of the coastal marine environment in the Gulf following the 1991 war related oil spills. *Marine Pollution Bulletin*, 32, 493-498.

Readman J.W., Fillmann G., Tolosa I., Bartocci J., Villeneuve J.-P., Cattini C., Coquery M., Azemard S., Horvat M., Wade T., Daurova Y., Topping G. and Mee L.D. (1999). The Black Sea: A comprehensive survey of contamination. *Black Sea Environmental Series*. Vol. 10, edited by L.D. Mee and G. Topping. UN Publications. New York. Pp. 171-252.

Tanner P.A., Leong L.S, (1997). Microwave vacuum Drying of marine sediment: determination of moisture contents, metals and total carbon. *Analytica Chimica Acta* 342: 247-252.

UNEP (1985): An Ecological Study of sites on the coast of Bahrain. UNEP, Regional Seas Reports and Studies. No.72.

UNEP (1988): Assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea by Petroleum Hydrocarbons. No.19

Winner, R. W.; Boesel, B. W.; and Farrel, M. P. "Insect Community Structure as an Index of Heavy-Metal Pollution in Lotic Ecosystems. " . (1980). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 37 (June 1980): 647-655.

WMO (1998): Environmental Health Criteria 200: Copper. Geneva, World Health Organisation.

Young-Tack KWON and Chan-Won LEE (2001). Sediment Metal Speciation for the Ecological Risk Assessment. *Analytical sciences*, Vol.17 supplement, Pp: i1015-i1017.

