

بررسی اثرات تخلیه گل و کنده های حفاری بر محیط زیست و بستر زی های دریایی

رضا فولادی فرد^۱

rezafd@yahoo.com

چکیده

عملیات حفاری نفت و گاز در دریا می تواند مقادیر زیاد و متنوعی از ترکیبات شیمیایی را از طریق کنده ها و گل حفاری وارد محیط نماید. انواع گل های حفاری شامل گل های با پایه آبی (WBMs)، با پایه نفتی (OBMs) و با پایه سنتتیک (SBMs) می باشند. گل های SBM هم خصلت های مطلوب OBMها در زمان بهره برداری را داشته و همچون WBMها از لحاظ محیط زیستی آلودگی کمی دارند. تخلیه مستقیم به دریا، انتقال به ساحل جهت تصفیه و یا تزریق دوباره به داخل چاه ها از روش های دفع این گونه گل ها می باشد. باریوم و انواع هیدروکربن ها از ترکیبات اصلی گل های حفاری هستند. مطالعات نشان می دهد که تا چندین سال بعد از اتمام فعالیت تخلیه کنده های حفاری سطح آلودگی رسوبات توسط باریوم و هیدروکربن ها در فواصل ۲۵۰ متری از اطراف نقطه تخلیه هنوز بالا بوده و بعد از آن کاهش مقادیر هیدرو کربنی با سرعت بالا صورت پذیرفته ولی کاهش مقادیر باریوم با شیب کمی ادامه می یابد. همچنین ارزیابی های زیستی نشان دهنده اثرات مخرب تخلیه این پسماندها بر گونه های بستر زی به خصوص تا فاصله ۲۵۰ متری از محل تخلیه و غالب شدن گونه های فرصت طلب می باشد. نتایج نشان می دهد که گونه های بستر زی فورامینیفرها با توجه به خصوصیات بیولوژیکی خود می توانند به خوبی به عنوان بیواندیکاتور در مورد تغییرات محیط زیستی مورد استفاده قرار گیرند. با توجه به اثرات محیط زیستی زیانبار تخلیه این پسماندها پیشنهادهایی از قبیل پروژه مدیریت پسماند در جهت رسیدن به میزان حداقل تخلیه، استفاده از گل های حفاری با اثرات محیط زیستی کمتر و ارزیابی و آنالیزهای محیط زیستی قبل و بعد از عملیات حفاری می بایست مد نظر قرار گرفته شوند.

کلمات کلیدی: گل حفاری، کنده های حفاری، حفره زی ها، باریوم، هیدروکربن ها، اثرات زیست محیطی.

مقدمه

بعد از عملیات لرزه شناسی و اکتشاف که منجر به یافتن نواحی ای با وجود نفت شده عملیات اکتشافی نفت آغاز می شود. عملیات حفاری می تواند نفت و مقادیر زیاد و متنوعی از دیگر ترکیبات شیمیایی را از طریق کنده ها و گل حفاری وارد محیط نماید. کنده های حفاری^۱ قطعات شکسته شده کوچکی از سنگ ها و صخره ها ناشی از عملیات حفاری هستند که در گل حفاری مخلوط شده و همراه گل دفعی خارج می شوند. در هنگام حفاری چاه های اکتشافی و بهره برداری نفت یا گاز، حفارها از سیالات مخصوصی استفاده کرده که به عنوان گل^۲ (گل حفاری) شناخته می شود. انواع گل های حفاری شامل گل های با پایه آبی (WBMs)^۳، با پایه نفتی (OBMs)^۴ و با پایه سنتتیک (SBMs)^۵ می باشند در دهه اخیر با توجه به مقررات محیط زیستی اعمال شده توسط ارگان هایی همچون U.S.EPA گل های با پایه سنتتیک (SBMs) گسترش بیشتری یافته اند. SBM ها هم خصلت های مطلوب OBM ها در زمان بهره برداری را داشته و همچون WBM ها از لحاظ محیط زیستی آلودگی کمی دارند.

اهدافی که از استفاده گل های حفاری مد نظر است به شرح زیر می باشد:

- انتقال کنده های حفاری به سطح جهت دفع
- خنک سازی و تمیزکاری مته
- تامین و نگهداری توازن فشار در چاه
- روانکاری طول مته و نوک آن
- کاهش اصطکاک در درون چاه
- درزگیری و آب بندی شیارها و حفره ها
- تثبیت دیواره چاه (۱،۲،۳،۴).

کنده های حفاری توسط روش های فیزیکی از قبیل لرزاننده ها^۶ و سیکلون های آبی^۷ و غیره جداسازی شده و گل حفاری بازیافت می شود. اغلب این خرده های حفاری ممکن است به طور مستقیم به محیط دریایی تخلیه شوند اما در صورتی که از گل هایی با پایه روغنی استفاده شود بر اساس قوانین منطقه ای ممکن است از روش هایی همچون تخلیه مستقیم به دریا (روش منسوخ)، انتقال به ساحل جهت تصفیه و یا تزریق دوباره به داخل چاه جهت دفع آن ها استفاده شود (۵).

یک سکوی حفاری می تواند بعد از حفاری حدود ۵۰ چاه در حدود ۶۰۰۰۰ مترمکعب گل حفاری و ۱۵۰۰۰ مترمکعب کنده های حفاری را تخلیه نماید. گل های حفاری از عوامل ژله ساز و ضد لخته شدگی (بنتونیت)، عوامل کنترل فیلتراسیون، مواد کنترل کننده یون ها و pH، باریتها، مواد کشنده (بایوساید)^۸، مواد ضد خوردگی، مواد روانساز، عوامل ضد کف و عناصر فلزات سنگینی همچون آرسنیک، باریوم، کرم، کادمیم، سرب، جیوه و غیره تشکیل می شوند (۱،۲،۳،۴). هزاران ترکیب متفاوت از این مواد قابل استفاده بوده و شرکت های مختلف نفتی هرکدام ترکیب مخصوص خود را که معمولا اطلاعات آن محرمانه می باشد استفاده می کنند (۲).

۲- مواد و روش ها

این تحقیق از نوع مطالعات مروری بوده و حاصل مقایسه نتایج مقالات انجام شده و نتیجه گیری جهت شرایط حاضر می باشد.

۳- مقررات مربوط به گل ها و کنده های حفاری

اصول عمومی تدوین شده در UNCLOS^۹ و MARPOL 73/78 در خصوص مدیریت پسماندها در

6 - shale shakers

7 - hydrocyclones

8- biocide

9 - United Nations Convention on Law of the Sea

1 - drilling cutting

2 - mud

3 - water-based muds

4 - oil-based muds

5- synthetic-based mud

کنده های حفاری تاثیرات بدی را بر اکوسیستم دریایی نشان داده و احیا و استقرار دوباره جنس و گونه های زیستی دریایی بعد از اتمام تخلیه این مواد به خصوص در اقلیم های گرمسیری و نیمه گرمسیری را دچار مخاطرات فراوانی کرده است. بنابراین بهترین روش که می بایست رواج یابد مقدارسنجی اثرات محیط زیستی دفع کنده های حفاری در طول و پس از اتمام دفع این مواد می باشد (۸).

کنده های حفاری دارای مقادیر قابل توجهی از هیدروکربن ها بوده که توسط جریان های آب و اختلاط زیستی^۳ با رسوبات ترکیب می شوند. این تخلیه ها می توانند باعث افزایش اتروفیکاسیون^۴ (شکوفایی جلبکی) و در نتیجه افزایش نیاز اکسیژن گیری (BOD) اکوسیستم شود. ترکیبات هیدروکربنی سمی می توانند مسئول ایجاد شوک محیط زیستی و تاثیر بر فراوانی گونه های زیستی شوند. تحت شرایط شک برخی از گونه ها از بین رفته و در مقابل آنهایی که مقاومت بالایی دارند افزایش یافته و گونه هایی با مقاومت بالا در مقابل شک ظاهر می شوند. هیدروکربن ها در شرایط هوای مرز آب و رسوب توسط ارگانیزم های هوازی و همچنین توسط ارگانیزم های بی هوازی در داخل رسوب قابل تجزیه هستند. برخی ارگانیزم های هوازی می توانند بداخل رسوبات نفوذ کرده و برخی ترکیبات احیا شده نظیر هیدروکربن ها را به مرز آب و رسوب که دارای اکسیژن لازم می باشد انتقال می دهند. (۸).

غلظت هیدروکربن ها در رسوبات با افزایش فاصله از سکوی حفاری کاهش می یابد. در مطالعه ای که در حوضه N'Kossa (در ناحیه حاره ای شرق اقیانوس اطلس) انجام گرفت نشان داد که چهار سال طول کشید تا پس از اتمام فعالیت های حفاری مقادیر هیدروکربن ها در فواصل ۱۰۰ تا ۵۰۰ متری از محل تخلیه قابل مقایسه با مقادیر نرمال زمینه شود (۵،۹).

فعالیت های دریایی از مهمترین مقرراتی است که مورد استفاده قرار می گیرند. به علت اینکه شواهد جدید علمی نشان می دهند که تاثیرات اکولوژیکی پسماندهای حفاری می تواند بیشتر از آنچه فرض شده باشد اغلب دولت ها شدیداً به دنبال رسیدن به حداقل میزان تخلیه^۱ هستند (۶). برخی اتحادیه های اروپایی اهداف عمومی را جهت رسیدن به حداقل میزان تخلیه نفت در آب های اروپا تا سال ۲۰۲۰ پیشنهاد داده اند که پیمانکاران دریایی اروپایی بصورت فعالی در خصوص مخالفت با آن تبلیغ می کنند (۳). تخلیه گل های حفاری با پایه نفتی در دریا در بسیاری از مکان ها ممنوع گردیده است. گل های حفاری با پایه نفتی و کنده های حفاری ناشی از آن ها در برخی جاها همچون کانادا، ایالات متحده، دریای بالتیک (هلکوم^۲)، دریای شمال و اقیانوس اطلس شمال شرقی می بایست جهت تصفیه به ساحل برده شوند (۷). گل های با پایه آبی و سنتزی تحت روش های OSPAR و Helcom به منظور سنجش پتانسیل تجمع بیولوژیکی و تجزیه پذیری بیولوژیکی تست می شوند. اجازه تخلیه تنها در مواقعی داده می شود که گل ها به محیط زیست آسیبی نرسانند. WWF استدلال می کند که این تست ها محدود بوده و کامل اثرات تجمعی و اکولوژیکی را ارزیابی نمی کند. تخلیه کنده های حفاری در صورتی که حاوی بیش از یک درصد نفت باشند توسط OSPAR و Helcom به سختی ممنوع اعلام گردیده است. تحت قوانین Helcom غلظت جیوه و کادمیم نباید بیش از یک میلی گرم بر کیلوگرم از لجن باشد (۲).

۴- تاثیرات کنده ها و گل حفاری بر محیط زیست دریا

از همان ابتدای شروع عملیات های حفاری، کنده های حفاری و مواد دفعی مرتبط مورد توجه جدی بوده اند و مطالعات در جهت کاهش سمیت و تجزیه پذیر بودن بیولوژیکی گل های حفاری توسعه داده شده اند. به هر حال تخلیه

3 - bioturbation
4 - eutrophication

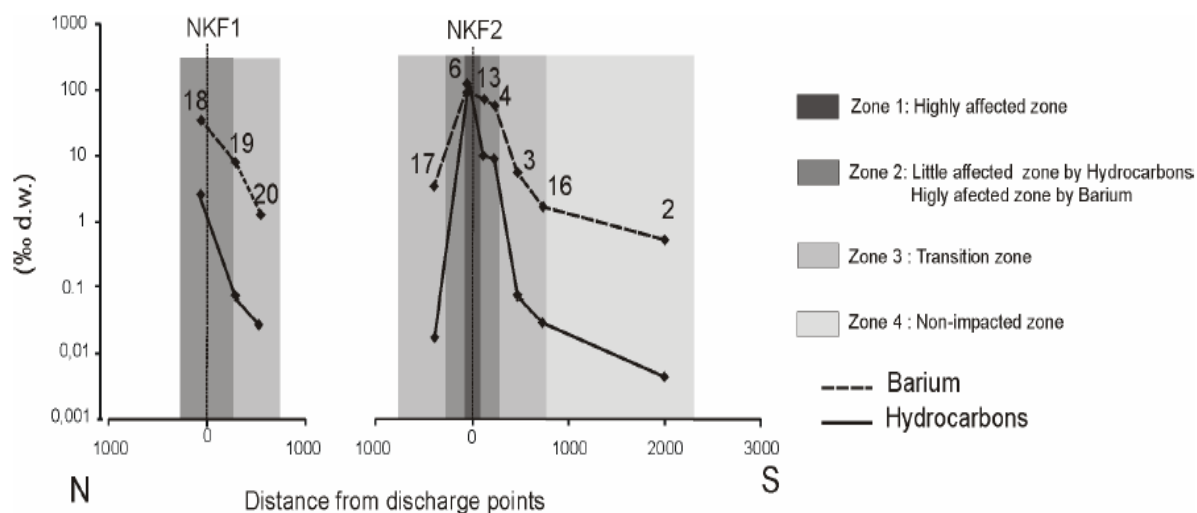
1 - zero-discharge
2 - Helcom

در این مطالعه نشان دادند که غلظت های بالاتری از باریوم نسبت به هیدروکربن ها در محل های دورتری از محوطه تخلیه پیدا می شوند (تا ۲۵۰ متری از محوطه تخلیه، شکل ۱). که دلیل آن را تمایل به تجزیه هیدروکربن ها و باقی ماندن باریوم بیان نمودند (۸).

شکل ۱ غلظت هیدروکربن و باریوم را در لایه سطحی رسوبات را در اطراف دو سایت NKF_1 و NKF_2 نشان می دهد که با توجه به غلظت های به دست آمده ۴ ناحیه در آن قابل تشخیص می باشد.

یکی از ترکیبات اصلی گل حفاری باریوم ($BaSO_4$) بوده که بنابر این می تواند ردیاب خوبی جهت یافتن محل تخلیه گل حفاری باشد. در حوضه N^*Kossa غلظت های باریوم در اطراف محل تخلیه بالا بوده و افزایش غلظت آن تا ۷۵۰ متری از محل تخلیه دیده شده است (۵،۹). Mojtahid و همکاران مطالعه ای بر روی اثرات دور ریزهای حفاری بر موجودات بسترزی در دو سایت NKF_1 و NKF_2 (از سایت های عملیاتی نفتی حوضه N^*Kossa) انجام دادند این مطالعه یک پروژه تحقیقاتی بوده که بین سال های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۳ توسط موسسه «اینفرمر» (یک موسسه تحقیقاتی فرانسوی در خصوص بهره برداری از دریا) با همکاری شرکت «توتال» با اهداف زیر سازماندهی شده است:

- ۱- ارزیابی کمی اثرات کننده های حفاری آلوده شده به گل حفاری با پایه نفتی بر اکوسیستم کفزی.
- ۲- به منظور نظارت بر عملیات دوباره کلنی سازی (میکروارگانیزم ها) پس از اتمام فعالیت دفع کننده های حفاری.



شکل ۱- میزان آلودگی با هیدروکربن ها و باریوم بر اساس فاصله از اطراف محل تخلیه (۸).

ناحیه ۲- منطقه با اثر پذیرفتگی پایین هیدروکربنی و اثر پذیرفتگی بالای باریوم (۲۵۰ متری از اطراف نقطه تخلیه)

ناحیه ۱- منطقه با اثر پذیرفتگی بالا (۷۰ متری از اطراف نقطه تخلیه) که این ناحیه با مقادیر بالایی از باریوم و هیدروکربن ها آلوده شده است.

در مطالعه انجام شده توسط Mojtahid و همکاران نمونه هایی از گونه های بستر زی فورامینیفرا در ۹ مکان در عمق تقریبی ۱۸۰ متری در نواحی دو سایت حفاری که در آنجا کنده های حفاری در طول سال های ۱۹۹۳ تا ۱۹۹۹ ریخته شده بود گرفتند در این نمونه گیری اهداف زیر مد نظر بوده است:

- ۱- ترکیب و دانسیته گونه های زنده (گونه های حفره ای می توانند ۳ ماه تا ۲ سال عمر می کنند(۱۰)).
 - ۲- توزیع عمودی گونه های زنده در چند سانتی متر اول رسوب.
 - ۳- ترکیب گونه های قدیمی حفاظت شده در چند سانتی متری رسوب که مقایسه آن ها با گونه های زمینه می تواند گونه های شاخص را معین کند.
- شکل ۲ با توجه به آنالیزهای گونه های بستر زی فورامینیفرا انجام شده چهار ناحیه را از لحاظ اثر پذیرفتگی بیولوژیکی مشخص کرده است .

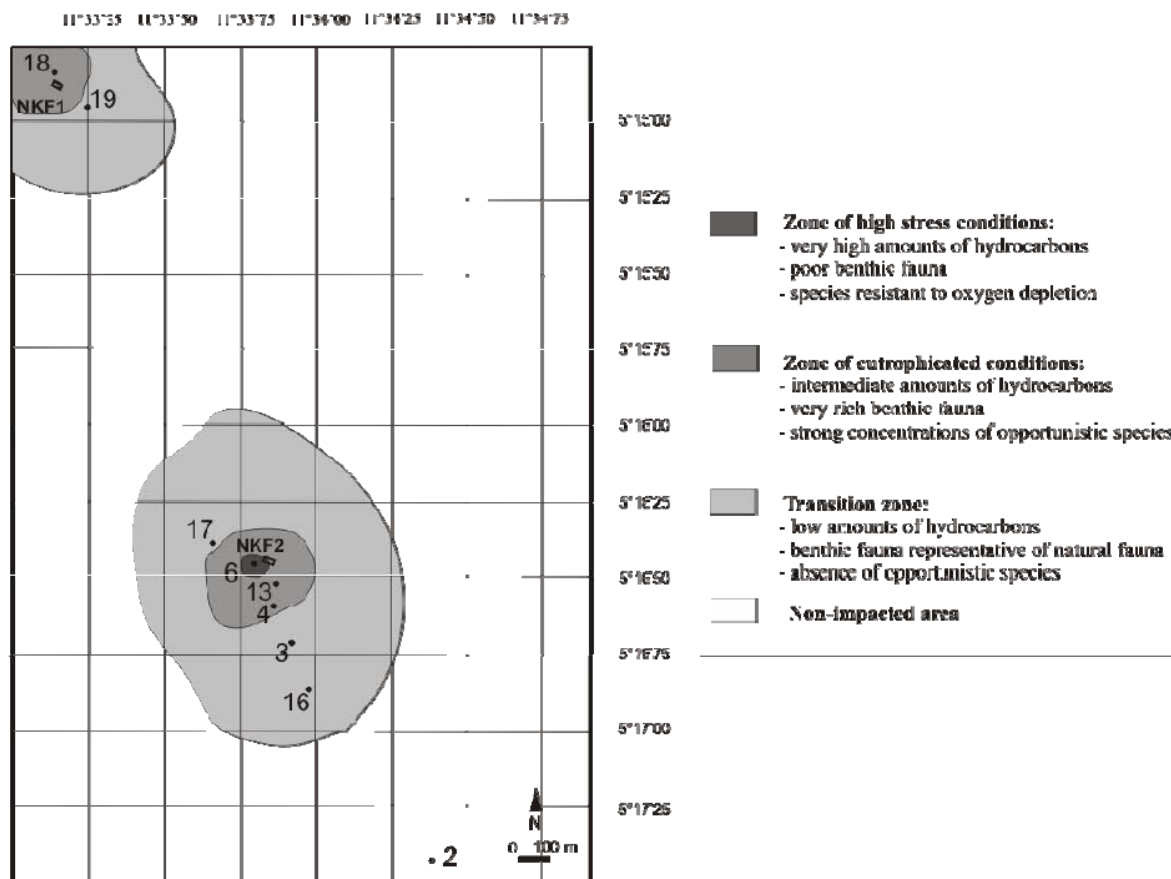
که آلاینده های هیدرو کربن ها در این ناحیه متوسط بوده ولی غلظت های بالای باریوم وجود دارد.

ناحیه ۳- منطقه انتقالی (فاصله ۲۵۰-۷۵۰ متری از نقطه تخلیه) در این ناحیه آلاینده های هیدروکربنی کاهش یافته اما مقادیر باریوم کاهش کمی داشته است.

ناحیه ۴- منطقه تاثیر نپذیرفته (فاصله ۲ کیلومتری از محل تخلیه) که تقریباً به مقادیر زمینه ای نزدیک شده اما هنوز مقادیر باریوم بالا می باشند.

حفره ها و سوراخ های موجود در محیط کف دریا از آغازیان پر می باشند(۱۰) به خاطر کوتاه بودن دوره زندگی این آغازیان، تنوع زیستی بالا و ملزومات اکولوژیکی خاص این گونه ها، واکنش سریع حفره ها به تغییرات محیطی ، می توانند به خوبی به عنوان بیواندیکاتور در مورد تغییرات محیط زیستی مورد استفاده قرار گیرند (۱۱). حفره ها معمولاً به وفور یافت و گردآوری می شوند لذا جمع آوری داده ها به منظور آنالیز آماری منطقی آن ها آسان است. به علاوه اغلب گونه های بستر زی همچون فورامینیفرا^۱ پوسته های کربناتی از خود ترشح کرده که می تواند به عنوان مدارک فسیلی مد نظر قرار گرفته و می تواند جهت شناسایی خصوصیات شرایط پایه و بازسازی موقیت اکوسیستمی قبل از نمونه برداری مورد استفاده قرار گیرد(۸).

در مطالعاتی توسط Watkins و Resig انجام گرفته است نشان داده شد که گونه های بستر زی فورامینیفرا می توانند به عنوان بیواندیکاتور (شاخص آلودگی) مورد استفاده قرار گیرند (۱۲،۱۳). در دهه اخیر حفره ها جهت پایش آلودگی محیط های آبی به طور وسیعی مورد استفاده قرار گرفته اند، از آن جمله است ؛ مطالعه اثرات تخلیه مواد نفتی بر نواحی ساحلی که در معرض جزر و مد می باشند(۱۴)، بنادر تحت تاثیر آلودگی فلزات سنگین (۱۵)، و بسترهای کف دریا اوترفیک شده (۱۶،۱۷) .



شکل ۲- نواحی مشخص شده براساس اثر پذیرفتگی بیولوژیکی (۸)

Bulimina marginata, *Textularia sagittula*,
Trifarina bradyi and *Bolivina spp* در این

ناحیه وجود دارد خصوصیت این ناحیه شامل:

- وجود مقادیر متوسط هیدروکربن ها.
- وجود مقادیر زیاد گونه های بستر زی.
- غلظت های بالای گونه های فرصت طلب.

۳- ناحیه انتقالی: در فواصل ۲۵۰ تا ۷۳۰ متری از محل

تخلیه قرار داشته و حالت انتقالی را از خود نشان داده و تاثیرات محیطی در این ناحیه کاهش یافته اما هنوز محسوس است. دانسیته فون ها پایین بوده اما ترکیب فون ها هنوز نشان از افزایش کم گونه های فرصت طلب را نشان می دهد خصوصیت این ناحیه شامل:

۱- ناحیه با شرایط شک بالا: که در فاصله ۱۰۰ متری از

محل تخلیه است دارای فون های بسیار کمی بوده و تنها

دارای گونه های مقاوم به کاهش اکسیژن (*Bulimina spp*)

Trifarina و *Gyroidina sp.1.*, *Bolivina spp.*,

pauperata. می باشد خصوصیت این ناحیه شامل:

- وجود مقادیر بالای هیدروکربن.
- تعداد خیلی کم گونه های بستر زی.
- وجود گونه های مقاوم به کاهش اکسیژن.

۲- ناحیه با شرایط اتروفیک: که در فواصل ۱۰۰ تا ۲۵۰

متری از محل تخلیه قرار دارد دارای فون های مختص

محیط های اتروفیک که بطور مشخص و با دانسیته بالا و

غلبه زیاد گونه های فرصت طلب (*Bulimina aculeata*),

محیط‌زیستی و آنالیزهای پایشی قبل و بعد از انجام پروژه حفاری صورت پذیرد.

- وجود مقادیر پایین هیدروکربن ها.

- حضور گونه های بستر زی در فون طبیعی .

۴- ناحیه تحت تاثیر واقع نشده (۸).

منابع

1. Steiner, R., 2003. Background document on offshore oil for Stakeholders of the Baltic Sea region. Unpublished report available via the authors.
2. Wills, J.W.G., 2000. Muddied Waters - A Survey of Offshore Oilfield Drilling Wastes and Disposal Techniques to Reduce the Ecological Impact of Sea Dumping. Ekologicheskaya Vahkta Sakhalina, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia 139 pp.
3. Kloff, S., Wicks, C., (2004), Environmental management of offshore oil development and maritime oil transport, A background document for stakeholders of the West African Marine Eco Region.
4. Burke, C. J., and Veil, J. A., (1995), Potential Environmental Benefits Regulatory Consideration of Synthetic Drilling Muds, U.S. Department of Energy Office of Policy Under Contract No. W-31-109-Eng-38.
5. Dalmazzone Ch., Blanchet D., Lamoureux S., Dutrieux E., Durrieu J., Camps R. and Galgani F., 2004. Impact of Drilling Activities in Warm Sea: Recolonization Capacities of Seabed. Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP, 59, 625-647.
6. Patin, Stanislav, 1999. Environmental impact of the offshore oil and gas industry, EcoMonitor Publishing East

۵- نتیجه گیری و پیشنهادها

گل ها و کنده های حفاری با توجه به ماهیت فیزیکی و شیمیایی خود برای محیط زیست دریا و به خصوص بستر دریا خطرآفرین بوده و باعث آلودگی هایی شیمیایی و هیدرو کربنی بستر دریا و اثر بر بستر زی های کف دریا می شوند. آنالیزهای شیمیایی انجام شده نشان می دهند که تا چند سال بعد از اتمام فعالیت تخلیه کنده های حفاری سطح آلودگی رسوبات توسط باریوم و هیدروکربن ها در فواصل ۲۵۰متری از اطراف نقطه تخلیه هنوز بالا بوده و بعد از آن کاهش مقادیر هیدروکربنی با سرعت بالا صورت پذیرفته ولی کاهش مقادیر باریوم با شیب کمی ادامه می یابد.

تغییر فون های بستر زی با توجه به شرایط محیط زیستی به فاصله از محل تخلیه مواد بستگی داشته و مقادیر مربوط به ترکیب و دانسیته فون های بستر زی در مقایسه با مقادیر پایه ای سایت می تواند سه منطقه با مقدار شک بالا منطقه با شرایط اوتروفیک و منطقه انتقالی را نمایان کند. نتایج نشان می دهد که گونه های بستر زی فورامینیفرها شاخص های خوبی برای پایش اثرات تخلیه کنده های حفاری بر محیط های دریایی باز می باشند. پس از چهار سال از اتمام عملیات حفاری و تخلیه کنده ها اثرات عنوان شده به مقدار زیادی محدود به ۲۵۰متری اطراف محل تخلیه می شوند.

با توجه به عملیات های حفاری انجام شده در آب های جنوب و عملیات های پیش رو در شمال کشور توصیه می شود ابتدا پروژه مدیریت پسماند جهت دستیابی به تخلیه صفر (zero-discharge) در اولویت قرار گرفته و از گل های با اثرات محیط زیستی کمتر همچون گل های با پایه آبی و گل های با پایه سنتتیک استفاده شود و مطالعات ارزیابی اثرات

- environment. Pergamon Press, London, pp. 104-121.
13. Watkins, J.G., 1961. Foraminiferal ecology around the Orange County, California, ocean sewer outfall. *Micropaleontology* 7(2), 199-206
 14. Morvan, J., Le Cadre, V., Jorissen, F. and Debenay, J.P., 2004. Foraminifera as potential bioindicators of the « Erika » oil spill in the Bay of Bourneuf: Field and experimental studies. *Aquatic living resources*, 17, 317-322.
 15. Armynot du Châtelet, E., Debenay, J. P., and Soulard, R., 2004. Foraminiferal proxies for pollution monitoring in moderately polluted harbors. *Environmental Pollution* 127, 27-40.
 16. Yanko, V. and Flexer, A., 1991. Foraminiferal benthonic assemblages as indicators of pollution (an example of north- western shelf of the Black Sea). *Third Annual Symp. On the Mediterranean Margin of Israel*. Haifa-Israel, 5pp.
 17. Sharifi, A.R., Croudace, I.W. Austin, R.L., 1991. Benthic foraminiferids as pollution indicators in Southampton Water, southern England, UK. *Journal of micropaleontology* 10 (1), 109- 113.
 7. OSPAR, 2000. Quality status report 2000 for the North East Atlantic. <http://www.ospar.org/eng/html/welcome.html>
 8. Mojtahid M., Jorissen F., Durrieu J., Galgani F., Howa H., Redois F., Camps R., 2006, "Benthic foraminifera as bio-indicators of drill cutting disposal in tropical east Atlantic outer shelf environments", *Marine Micropaleontology*, Vol. 61, Issues 1-3, Pages 58-75.
 9. Durrieu J. and Bouzet Ph., 2004. Seabed Recolonisation: N'Kossa Case. *Society of Petroleum Engineers Inc. SPE 86710*. Calgary. 8 p.
 10. Murray, J.W., 1991. Ecology and distribution. *BENTHOS'90*, Sendai, Tokai University Press.
 11. Kramer and Botterweg, 1991. Aquatic biological early warning systems: an overview. In: Jeffrey, D.W., Madden B. (eds) *Bioindicators and environmental management*. Academic press, London, 95-126.
 12. Resig, J.M., 1960. Foraminiferal ecology around ocean outfalls off southern California. In: E.Person (Editor), *Disposal in the marine* Northport, N.Y. 425 pp. Also available on www.offshore-environment.com.