

بررسی اثرات زیست محیطی صنایع پتروشیمی تولید کننده PET-PTA

(مطالعه موردی: منطقه ویژه اقتصادی ماهشهر)

سعید ملامسی

استادیار گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

سید علی جوزی

استادیار گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

سید مسعود منوری

استادیار گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

الهه جعفریان مقدم

کارشناس ارشد رشته مدیریت محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

چکیده:

صنایع پتروشیمی با توجه به ترکیبات متنوع آن و نیز به واسطه دارا بودن فلزات سنگین، از پتانسیل ایجاد آثار سوء بر بهداشت و سلامت افراد و تخریب محیط زیست را برخوردارند. در این مطالعه اثرات زیست محیطی ناشی از فعالیت صنعت پتروشیمی تولید کننده PET-PTA واقع در منطقه ویژه اقتصادی ماهشهر مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به اینکه عمده صنایع پتروشیمی موجود در این منطقه در مجاورت خورها احداث شده اند، آلودگیهای ناشی از این صنایع، خورهای موجود در منطقه را بعنوان مهمترین اکوسیستمهای دارای تنوع زیستی بالا تحت تاثیر قرار می دهد. جهت بررسی آثار سوء ناشی از صنعت پتروشیمی مورد مطالعه از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شده است. در این روش دو معیار اثر بر سلامت و بهداشت افراد و تخریب زیست محیطی مورد سنجش قرار گرفته است. معیار اثر بر سلامت و بهداشت افراد با اولویت بندی اثر انتشار آلاینده ها بر کارکنان منطقه ویژه و افراد بومی پیرامون آن و معیار تخریب زیست محیطی از طریق اولویت بندی دو معیار میزان آلودگی و حساسیت محیط پذیرنده نمره دهی و ارزشگذاری شده است. بر اساس نتایج اندازه گیریهای دوره ای و ماهیت فعالیتهای صنعت پتروشیمی مورد مطالعه، ۹ نوع آلاینده عمده شامل فلزات سنگین، ترکیبات نفتی، NO_x ، CO ، H_2S ، TSS ، COD و ذرات معلق ارزشگذاری و مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج این مطالعه نشان می دهد که آلودگی آب، مهمترین عامل آلاینده محیطی ناشی از فعالیت صنعت مذکور می باشد. همچنین آلودگی زیست محیطی ناشی از تخلیه پساب خروجی سیستمهای تصفیه مجتمعهای صنعتی به خورهای اطراف به ویژه خور زنگی قابل تامل است. میزان TSS و ترکیبات نفتی با وزنها بترتیب ۰/۳۲۶ و ۰/۲۳۵ مهمترین آلاینده های آب به لحاظ میزان آلودگی و آثار سوء وارده بر محیط پذیرنده شناسایی شده و می بایست کنترل گردد. تاثیرگذاری آلودگی هوا ناشی از انتشار آلاینده های گازی شکل و ذرات معلق نیز در اولویت دوم اهمیت شناخته شده است.

واژه های کلیدی: صنایع پتروشیمی، بررسی اثرات زیست محیطی، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، آلودگی آب.

مقدمه

مجتمع پتروشیمی تولید کننده^۱ PET-PTA در منطقه ویژه اقتصادی ماهشهر در شمال غربی خلیج فارس و جنوب ایران واقع شده است. این منطقه به دلیل استقرار واحدهای صنعتی پتروشیمی از اهمیت استراتژیک بسیار زیادی برخوردار است (۱). مهمترین اکوسیستمهای آبی واقع در محدوده مطالعاتی خور موسی، خور ماهشهر، خور جعفری و خور زنگی می باشند. وجود مواد مغذی فراوان و شرایط مساعد دمایی در خورهای منطقه باعث غنا و فراوانی انواع گونه های کفزی نظیر پرتاران، تانائیداسه ها، کم تاران و ماهیانی نظیر ساردین، زمین کن و غیره شده است. همچنین انواع پرندگان آبی و کنار آبی که بسیاری از آنها بومی منطقه می باشند و یا هر ساله جهت زمستان گذرانی از مناطق سردسیر به این منطقه مهاجرت می کنند، حاکی از اهمیت اکولوژیکی خورهای اطراف منطقه مورد مطالعه می باشد (۲).

در بررسی اثرات زیست محیطی ناشی از صنعت پتروشیمی مورد مطالعه و اولویت بندی آلودگیها از روش تحلیل سلسله مراتبی^۲ (AHP) استفاده گردیده است. این روش که توسط Saaty در دهه ۱۹۷۰ پیشنهاد گردیده، از جامع ترین سیستمهای طراحی شده برای تصمیم گیری با معیارهای چند گانه است. زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مساله را بصورت سلسله مراتبی فراهم می کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مساله دارد. (۱۶ و ۱۷) این فرایند گزینه های مختلف را در تصمیم گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیر معیارها را دارا می باشد. علاوه بر این بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده و داوری و محاسبات را تسهیل می نماید (۱۸). همچنین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می دهد که از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم گیری چند معیاره می باشد. این روش از یک مبنای تئوریک قوی برخوردار بوده و بر اساس اصول بدیهی بنا نهاده شده است (۳ و ۱۹). مقالات متعددی در مورد نحوه استفاده از این روش در طرحها و پروژه های زیست محیطی تدوین گردیده است. مقاله ای با عنوان ارزش گذاری نیروگاهها بر اساس مواد منتشره غیر رادیواکتیو با استفاده از روش AHP به چاپ رسیده است. در این مطالعه، اثرات سوء زیست محیطی ناشی از انتشار آلاینده های ۱۰ نوع نیروگاه ارزشگذاری شده است. در نهایت نیروگاههای هسته ای، آبی، ژئوترمال و بادی بعنوان گزینه های برتر و دارای اثرات سوء زیست محیطی کمتر انتخاب گردیده اند (۲۰). همچنین ارزیابی اثرات اقتصادی- اجتماعی ناشی از احداث و بهره برداری از یک کارخانه بازیافت LPG در کشور هند با استفاده از این روش انجام گردید. بدین ترتیب که محاسبه وزن معیارها بر اساس نظرسنجی از مردم روستاها و شهرهای همجوار انجام شده و نتایج نشان می دهد که تامین آب بعنوان مهمترین مشکل برای افراد شهری و روستایی می باشد (۲۱). در مقاله ای که توسط Julius Solnes به چاپ رسیده، شاخص گذاری کیفیت زیست محیطی توسعه سه صنعت بر اساس مسائل اقتصادی- اجتماعی شامل احداث یک کارخانه آلومینیوم، پالایشگاه نفت ۶ میلیون تنی و توسعه صنایع منطقه ای موجود با استفاده از روش فوق الذکر انجام شده است. نتایج نهایی نشان داده است که توسعه صنایع منطقه ای با کمترین اثرات زیست محیطی جهت احداث انتخاب گردیده است (۲۲).

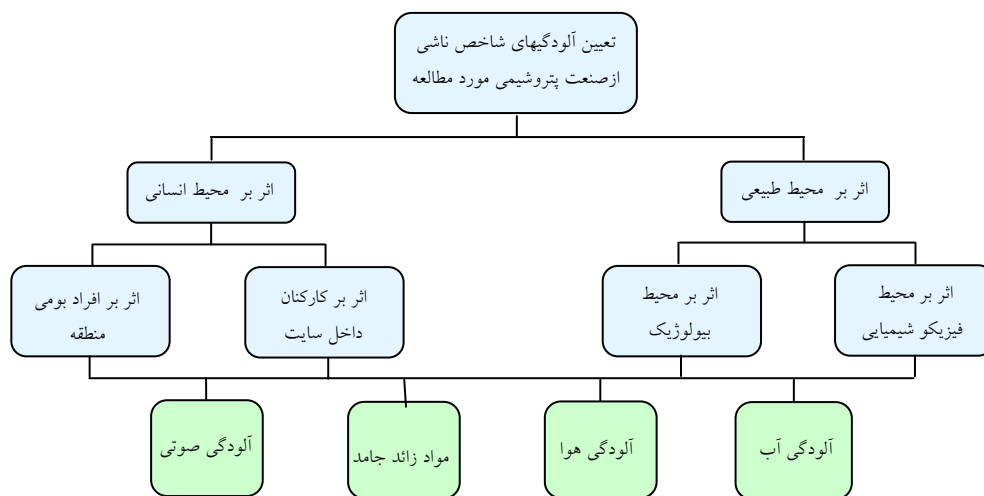
^۱ Poly Ethylene Terephthalate- Purified Terephthalic Acid

^۲ Analytical Hierarchy process

مواد و روشها

در این مطالعه، روند کلی جهت بررسی اثرات ناسازگار زیست محیطی ناشی از صنعت پتروشیمی مورد مطالعه از کل به جزء یا روش قیاسی می باشد. بدین ترتیب ابتدا آلودگیهای زیست محیطی با توجه به وضعیت محیط زیست تحت اثر و ویژگیهای فرایندی صنعت پتروشیمی بر اساس اهمیت اولویت بندی گردیده است. پس از تعیین مهمترین آلودگیهای زیست محیطی، نتایج آزمایشات انجام شده در ۴ دوره اندازه گیری بررسی گردیده و میانگین میزان آلاینده های تولیدی با حدود استانداردهای زیست محیطی مورد مقایسه قرار گرفته است. در مرحله بعد، با توجه به ماهیت فعالیتهای مجتمع پتروشیمی، آلاینده های دارای مقادیر بالاتر از حد استاندارد بعنوان شاخص تعیین اثرات سوء بر محیط زیست بر اساس دو معیار اصلی تخریب محیط زیست و اثر بر سلامت و بهداشت که هر کدام به زیر معیارهایی رده بندی شده اند، با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مقایسه زوجی و اولویت بندی گردیده اند. در این روش ابتدا ساختار فرایند تحلیل سلسله مراتبی با هدف تعیین آلودگیهای شاخص ناشی از صنعت پتروشیمی مورد مطالعه تشکیل گردید. سپس دو معیار اثر بر محیط طبیعی و اثر بر محیط انسانی بعنوان معیارهای اصلی در سطح دوم در نظر گرفته شده اند. در سطح سوم اثر بر محیط طبیعی به دو زیر معیار محیط فیزیکوشیمیایی و محیط بیولوژیک تقسیم شده است. اثر بر محیط انسانی نیز به اثر بر سلامت کارکنان داخل سایت و افراد بومی نزدیکترین مراکز جمعیتی به منطقه (سربندر و بندر ماهشهر) طبقه بندی گردیده است. در سطح آخر، انواع آلودگیهای موجود در منطقه بعنوان گزینه های فرضی انتخاب و مورد مقایسه قرار گرفته اند. ساختار فرایند سلسله مراتبی اولویت بندی آلودگیهای ناشی از مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه در نمودار شماره (۱) ارائه شده است.

در مرحله بعد ماتریس ارجحیت هر سطح نسبت به سطح بالا تشکیل گردیده است. به این ترتیب که پارامترهای هر سطح در سطر و ستون ابتدایی ماتریس قرار گرفته اند. سپس کلیه پارامترها نسبت به هر یک از پارامترهای سطح بالاتر با یکدیگر مقایسه زوجی شده اند. اگر اهمیت شاخصهای موجود در سطر (i) بیشتر از شاخصهای واقع در ستون (j) باشد، میزان اهمیت با عدد صحیح و اگر اهمیت شاخصهای موجود در ستون (j) بیشتر از شاخصهای واقع در سطر (i) باشد، میزان اهمیت با عدد کسری نشان داده شده است.



نمودار شماره (۱): ساختار فرایند سلسله مراتبی اولویت بندی آلودگیهای ناشی از مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه

طبقات مقدار اثر و امتیازات آن در مقایسه عنصر i با عنصر j عبارتند از :

- اهمیت مساوی : ۱
- اهمیت کم i بر j : ۳
- اهمیت زیاد i بر j : ۵
- اهمیت خیلی زیاد i بر j : ۷
- اهمیت مطلق i بر j : ۹
- ترجیحات بین فواصل i بر j : ۲، ۴، ۶، ۸ (۴ و ۵)

در این روش w_1 ها به گونه ای تعیین می شوند که روابط زیر صادق باشند:

$$\begin{aligned} a_{11} w_1 + a_{12} w_2 + \dots + a_{1n} w_n &= \lambda \cdot w_1 \\ a_{21} w_1 + a_{22} w_2 + \dots + a_{2n} w_n &= \lambda \cdot w_2 \\ a_{n1} w_1 + a_{n2} w_2 + \dots + a_{nn} w_n &= \lambda \cdot w_n \end{aligned}$$

در معادله زیر، a_{ij} ترجیح عنصر i ام بر j ام است و w_i نیز وزن عنصر i ام و λ یک عدد ثابت می باشد. در این روش وزن عنصر i ام (یعنی w_i) طبق تعریف بالا برابر است با:

$$w_i = 1/\lambda^n \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j \quad i=1, 2, \dots, n$$

دستگاه معادلات فوق را می توان بصورت زیر نوشت:

$$A \cdot W = \lambda \cdot W$$

که همان ماتریس مقایسه زوجی {یعنی $A = [a_{ij}]$ } و بردار وزن و λ یک اسکالر (عدد) است. برای هر ماتریس A اگر دترمینان ماتریس $(A - \lambda \cdot I)$ را محاسبه نموده و آن را مساوی صفر قرار دهیم، مقادیر ویژه (λ ها) محاسبه می شوند. وزن نهایی هر گزینه نیز با تلفیق وزنه‌های نسبی مشخص می گردد (۲۳).

نظر به اینکه انجام محاسبات ریاضی و مراحل پیچیده فوق برای هر یک از ماتریسهای ارجحیت وقت گیر است، در روش بردار ویژه، وزن نسبی معیارها و گزینه ها با استفاده از نرم افزار Expert Choice محاسبه گردیده است. با توجه به اینکه در تجزیه و تحلیل اثرات، آلودگی آب در اولویت نخست به لحاظ اهمیت شناخته شده است، لذا در مرحله آخر ساختار فرایند تحلیل سلسله مراتبی جهت تعیین مهمترین آلاینده های آب با در نظر گرفتن معیارها و زیر معیارهایی تشکیل شده و کلیه آلاینده های بالاتر از حد استاندارد با توجه به نحوه تاثیر بر محیط زیست و معیارهای در نظر گرفته شده ارجحیت بندی گردیده است.

نتایج

الف. ارزشگذاری مهمترین آلودگیهای زیست محیطی

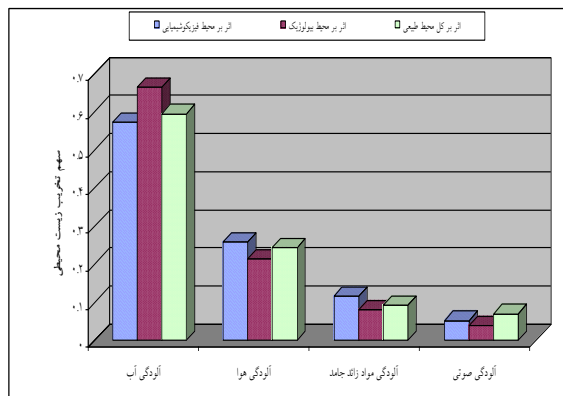
با توجه به فاصله مراکز جمعیتی با منطقه ویژه اقتصادی ماهشهر، اثرات ناشی از انتشار آلاینده ها بر سلامت و بهداشت افراد کم می باشد. لذا در تعیین آلودگیهای شاخص ناشی از صنعت پتروشیمی مورد مطالعه، اثرات ناسازگار بر محیط طبیعی با وزن ۰/۸۰۰ نسبت به محیط انسانی با وزن ۰/۲۰۰ دارای امتیاز و اهمیت بالاتر تشخیص داده شده است.

- اثر بر محیط طبیعی

در محیط طبیعی، پارامترهای محیط فیزیکی به عنوان پایه و اساس بخشهای دیگر محیط ها خصوصاً محیط بیولوژیکی مطرح بوده و اثرات ناشی از آلودگیهای تولیدی بر این محیط بطور مستقیم می باشد. عمده ترین اثرات منفی بر محیط بیولوژیکی، شامل اثر بر عملکرد زیستگاههای آبی و تنوع و تراکم جمعیت گونه های آبی می باشد. بطور غیر مستقیم و عمدتاً از طریق آلودگی آب است. بنابراین اثر بر محیط فیزیکی و شیمیایی با وزن ۰/۶۶۷ از امتیاز بالاتری نسبت به محیط بیولوژیکی برخوردار می باشد. از آنجائیکه خورها حد فاصل خشکی و دریا بوده و از مناطق جزر و مدی محسوب می شوند، به هنگام جزر آلودگی را به آبهای دریای خلیج فارس انتقال می دهند (۶). نتایج اندازه گیری های انجام شده نشان می دهد که در مواردی خروجی سیستمهای تصفیه فاضلاب مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه و سایر صنایع پتروشیمی واقع در منطقه به خورهای اطراف دارای مقادیر بالاتر از حد استاندارد تخلیه به آبهای سطحی می باشد. همچنین اندازه گیریهای انجام شده از کیفیت آب در بخش محصور و بخش آزاد خور زنگی و خور جعفری که از جمله نزدیکترین خورها به صنایع پتروشیمی موجود در این منطقه می باشند، حاکی از آلودگی آنها به مواد شیمیایی و ترکیبات نفتی است (۱). بنابراین می توان اظهار نمود که آلودگی آب از مهمترین آلودگیها در سطح منطقه ویژه بدلیل فعالیت صنایع پتروشیمی بشمار می آید. از طرفی بالا بودن غلظت گازهای خروجی از دودکشها و تجهیزات نظیر SO_x , NO_x و H_2S از طریق ایجاد باران اسیدی با افزایش اسیدیته آب بطور غیر مستقیم بر کیفیت خورهای منطقه و زیست آبیان موجود در آنها تاثیرات سوء قابل توجهی دارد (۷). بنابراین در ماتریس مقایسه گزینیه ها نسبت به محیط فیزیکی و بیولوژیکی، آلودگی هوا بترتیب با وزن ۰/۲۵۹ و ۰/۲۱۴ در اولویت دوم اهمیت قرار گرفته است. مدیریت پسماندها در مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه تدوین شده و فهرست پسماندها و نحوه دفع آنها تعیین گردیده است. همچنین بر اساس نتایج اندازه گیری از خروجی سه زباله سوز در سطح سایت مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه که آلاینده های خروجی آنها عمدتاً در حد استاندارد است، می توان اظهار نمود اثر آلودگی مواد زائد جامد بر محیط طبیعی کم می باشد (۸ و ۹). لذا در ماتریس مقایسه ای، آلودگی ناشی از مواد زائد جامد نسبت به محیط طبیعی در اولویت سوم می باشد. اثرات سوء ناشی از آلودگی صدا در سایت پتروشیمی نیز عموماً در بحث سلامت و بهداشت افراد ساکن در منطقه و کارکنان صنایع مطرح بوده و در اولویت آخر قرار گرفته است. در جدول شماره (۱) و نمودار شماره (۲) وزن گزینیه ها نسبت به هر یک از معیارها در محیط طبیعی نشان داده شده است.

جدول شماره (۱): وزن اثرات آلودگیهای ناشی از صنعت پتروشیمی مورد مطالعه بر محیط فیزیکی و بیولوژیکی

انواع آلودگیها	اثر بر محیط فیزیکی و شیمیایی	اثر بر محیط بیولوژیکی	اثر بر کل محیط طبیعی
آلودگی آب	۰/۵۷۳	۰/۶۶۵	۰/۵۹۴
آلودگی هوا	۰/۲۵۹	۰/۲۱۴	۰/۲۴۳
آلودگی مواد زائد جامد	۰/۱۱۶	۰/۰۸۱	۰/۰۹۳
آلودگی صوتی	۰/۰۵۲	۰/۰۴۰	۰/۰۷۰



نمودار شماره (۲): وزن اثرات آلودگیهای ناشی از صنعت پتروشیمی مورد مطالعه بر محیط فیزیکی و بیولوژیکی

– اثر بر محیط انسانی

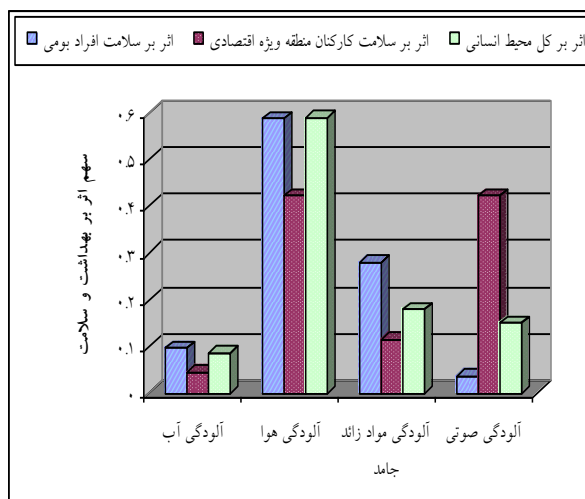
اثرات ناشی از ایجاد آلودگیها بر سلامت کارکنان منطقه ویژه که بیشتر در معرض آلاینده ها نسبت به افراد بومی و ساکن در منطقه می باشند، دارای اهمیت بیشتر بوده و امتیاز بالاتری را به خود اختصاص می دهد. آلودگی هوای ناشی از گازهای خروجی دودکشها و بخارات شیمیایی با ایجاد اختلالات تنفسی، سلامت کارکنان سایت پتروشیمی را به خطر می اندازد. طبق نتایج اندازه گیری، عمده گازهای منتشره در این مجتمع H_2S , CO , NO_x و ذرات معلق پودر سفید رنگ PTA بوده و میزان تولید آنها در برخی موارد بیشتر از حد استاندارد خروجی از دودکش و حد مجاز تماس شغلی می باشد. همچنین آلودگی صوتی بالاتر از حد استاندارد محیط کار با وجود ایزوله بودن کانونهای آلودگی صوتی بر سلامت کارکنان تاثیر گذار می باشد. (۸، ۱۰ و ۲۴). لذا هر دو آلودگی با وزن ۰/۴۲۱ در اولویت اول اهمیت قرار گرفته است. آلودگی ناشی از مواد زائد جامد به دو طریق دفن غیر بهداشتی و سوزاندن در کوره زباله سوز محتمل است. نتایج اندازه گیری از خروجی سه زباله سوز موجود در مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه نشان می دهد که میزان گازهای خروجی آنها در حد استانداردهای زیست محیطی می باشد. سایر پسماندهای تولیدی به فروش رسیده و یا توسط شهرداری منطقه ویژه در محلی در بیرون از سایت صنعتی دفن می گردد. بنابراین اثر آلودگی پسماندها بر سلامت کارکنان منطقه ویژه ناچیز بوده و با وزن ۰/۱۱۴ نمره دهی شده است. آلودگی آب ناشی از فعالیت صنایع مورد مطالعه تنها از طریق صید و تغذیه از آبزیان آلوده بر بهداشت و سلامت افراد تاثیر گذار می باشد. در ماتریس اثرات سوء بر سلامت افراد بومی و کارکنان منطقه، آلودگی آب بعنوان اولویت سوم با وزنهایی بترتیب ۰/۰۹۷ و ۰/۰۴۴ تعیین شده است.

در ماتریس اثر بر افراد بومی، آلودگی هوا در اولویت اول اهمیت با وزن ۰/۵۸۵ و آلودگی صوتی با توجه به فاصله مراکز مسکونی از مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه در اولویت آخر با وزن ۰/۰۳۷ نمره دهی شده است. وزن اثرات آلودگیها بر سلامت افراد بومی و کارکنان منطقه در جدول شماره (۲) و نمودار شماره (۳) نشان داده شده است.

جدول شماره (۲): وزن اثرات آلودگیهای ناشی از صنعت پتروشیمی مورد مطالعه

بر بهداشت و سلامت افراد بومی و کارکنان (محیط انسانی)

انواع آلودگیها	اثر بر سلامت افراد بومی	اثر بر سلامت کارکنان منطقه ویژه اقتصادی	اثر بر کل محیط انسانی
آلودگی آب	۰/۰۹۷	۰/۰۴۴	۰/۰۸۵
آلودگی هوا	۰/۵۸۵	۰/۴۲۱	۰/۵۸۸
آلودگی مواد زائد جامد	۰/۲۸۰	۰/۱۱۴	۰/۱۷۸
آلودگی صوتی	۰/۰۳۷	۰/۴۲۱	۰/۱۵۰



نمودار شماره (۳): وزن اثرات آلودگیهای ناشی از صنعت پتروشیمی مورد مطالعه بر

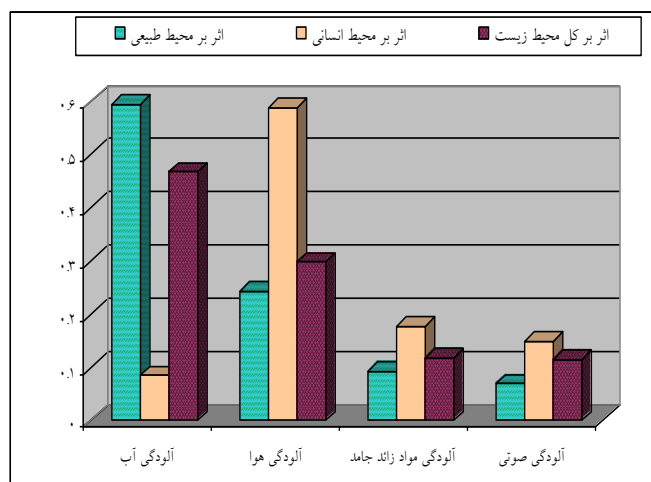
بهداشت و سلامت افراد بومی و کارکنان (محیط انسانی)

نتایج مطالعات حاکی از آن است مهمترین عامل تخریب محیط طبیعی اعم از فیزیکی و بیولوژیکی، آلودگی آب بوده و عمده ترین عاملی که بهداشت و سلامت افراد را تحت تاثیر قرار می دهد، آلودگی هوا می باشد. در نهایت ارزیابی گزینه ها نسبت به هدف ساختار سلسله مراتبی نشان می دهد که آلودگی آب با وزن نهایی ۰/۴۶۸ مهمترین آلودگی زیست محیطی در منطقه بشمار آمده و حذف و یا کاهش آن با اجرایی نمودن راهکارهای بهینه ضروری می باشد. اهمیت آلودگی هوا بر منابع زیستی منطقه با وزن نهایی ۰/۲۹۹ در اولویت دوم می باشد. آلودگی پسماندها و آلودگی صوتی نیز بترتیب با وزنها ۰/۱۱۸ و ۰/۱۱۵ در اولویت سوم و چهارم قرار گرفته اند. در جدول شماره (۳) و نمودار شماره (۴) وزن نهایی معیارها و گزینه ها ارائه شده است.

جدول شماره (۳): ارزشگذاری و مقایسه زوجی آلودگیهای صنعت پتروشیمی مورد

مطالعه نسبت به معیارهای محیط طبیعی و انسانی

انواع آلودگیها	اثر بر محیط طبیعی	اثر بر محیط انسانی	اثر بر کل محیط زیست
آلودگی آب	۰/۵۹۴	۰/۰۸۵	۰/۴۶۸
آلودگی هوا	۰/۲۴۳	۰/۵۸۸	۰/۲۹۹
آلودگی مواد زائد جامد	۰/۰۹۳	۰/۱۷۸	۰/۱۱۸
آلودگی صوتی	۰/۰۷۰	۰/۱۵۰	۰/۱۱۵



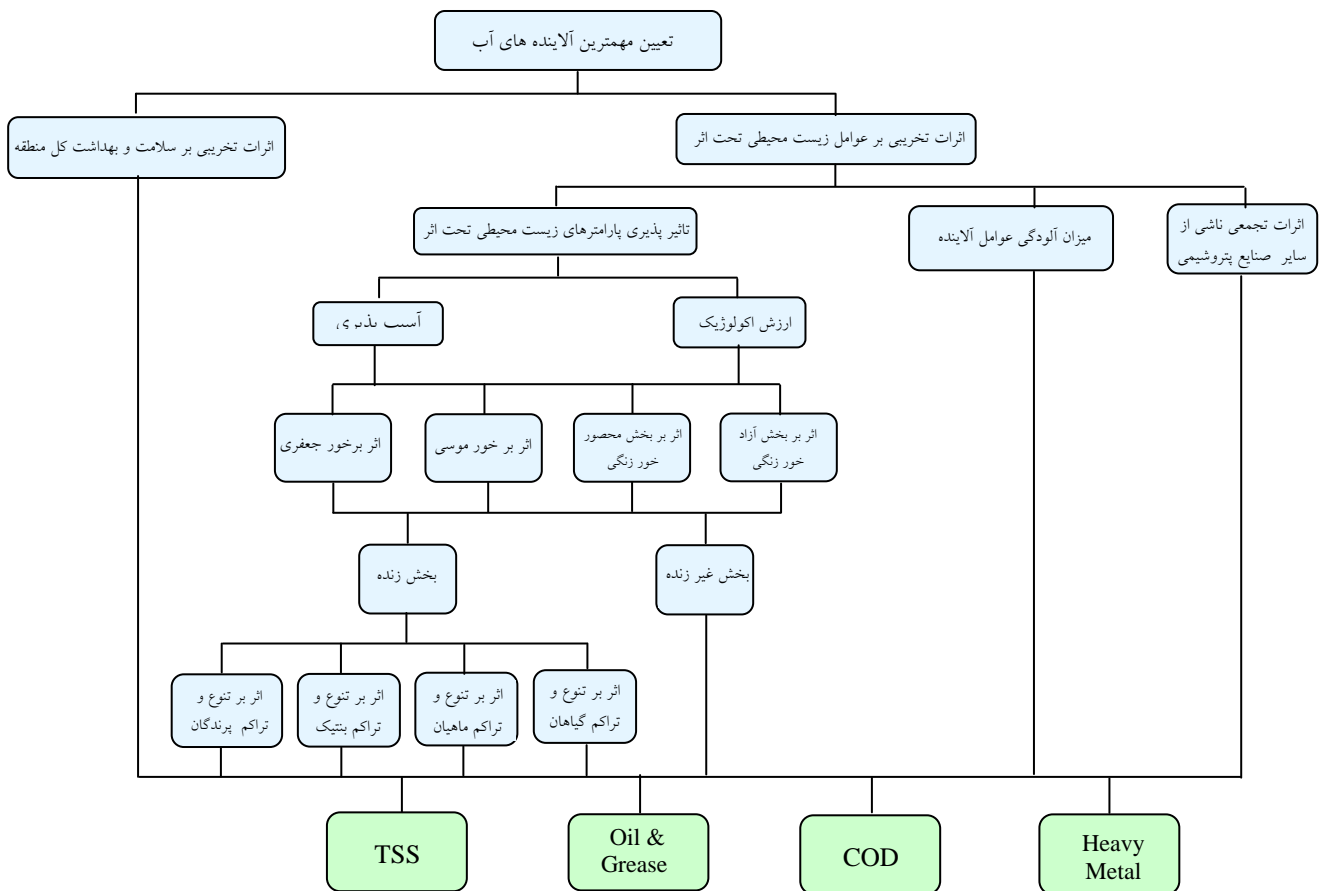
نمودار شماره (۴): ارزشگذاری و مقایسه زوجی آلودگیهای صنعت پتروشیمی مورد مطالعه

نسبت به معیارهای محیط طبیعی و انسانی

ب. اولویت بندی مهمترین آلاینده های آب

بر اساس نتایج اندازه گیریهای انجام شده، آلاینده های دارای مقادیر بالاتر از حد استاندارد شامل فلزات سنگین، ترکیبات نفتی، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی و مجموع مواد جامد معلق در آب بعنوان گزینه جهت اولویت بندی آلاینده های آب در نظر گرفته شده اند. از آنجائیکه تخریب محیط زیست به سه عامل تاثیر پذیری پارامترهای زیست محیطی، میزان آلودگی عوامل آلاینده و اثرات تجمعی سایر صنایع پتروشیمی بستگی دارد، لذا این عوامل بعنوان زیرمعیارهای تخریب محیط زیست انتخاب شده است. سپس زیستگاههای آبی تحت اثر به ۴ منطقه شامل بخش محصور خور زنگی، بخش آزاد خور زنگی، خور موسی و خور جعفری طبقه بندی گردیده و نسبت به دو مولفه ارزش اکولوژیکی و آسیب پذیری با یکدیگر مقایسه زوجی شده اند. هر یک از زیستگاههای تعیین شده نیز به دو بخش زنده و غیر زنده تقسیم گردیده و اثر بر کلیه پارامترهای زنده شامل اثر بر تراکم و تنوع گیاهان آبی، ماهیان، جوامع کفزی، پرندگان آبچر، کنار آبچر و اثر بر پارامترهای غیر زنده (فیزیکوشیمیایی) آب اعم از میزان شوری، دما، رنگ، اسیدیته و غیره در هر یک از آنها سنجش و وزن دهی شده است. میزان آلودگی عوامل آلاینده نیز با مقایسه میانگین غلظت آلاینده های در نظر گرفته شده تعیین گردیده و سهم این عامل در ایجاد اثرات تخریبی بر عوامل زیست محیطی مشخص شده است. اثرات تجمعی ناشی از سایر صنایع پتروشیمی موجود در منطقه ویژه صنعتی

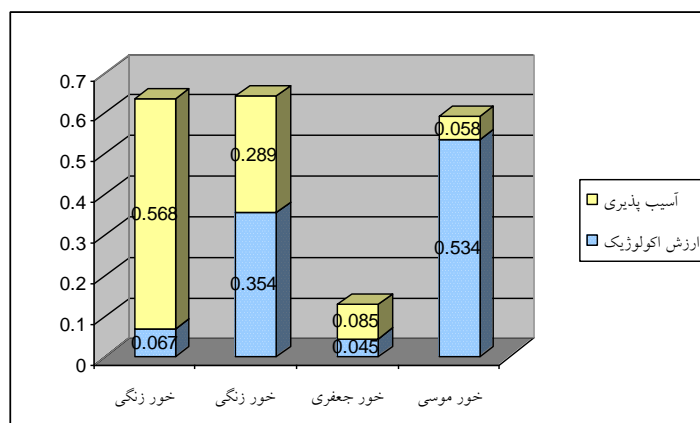
ماهشهر نیز با استفاده از نتایج اندازه گیری کیفیت آب خورها، مورد بررسی و وزن دهی قرار گرفته است. ساختار سلسله مراتبی اولویت بندی مهمترین آلاینده های آب در نمودار شماره (۵) نشان داده شده است.



نمودار شماره (۵): ساختار فرایند تحلیل سلسله مراتبی تعیین مهمترین آلاینده های آب

از بین سه معیار در نظر گرفته شده در تخریب زیست محیطی، اثرات تجمعی آلاینده ها با وزن ۰/۵۴۰ در اولویت نخست می باشد. مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه مجهز به سیستم تصفیه فاضلاب مستقل بوده و در اغلب موارد فاکتورهای فیزیکوشیمیایی پساب خروجی از این سیستم در حد استاندارد می باشد، بنابراین معیار میزان آلودگی عوامل آلاینده با وزن ۰/۱۶۳ کمترین سهم را در تخریب محیط زیست منطقه ایفا می کند. مقایسه خورهای موجود در منطقه مورد مطالعه بر اساس دو معیار ارزش اکولوژیکی و آسیب پذیری نشان می دهد خور موسی دارای بالاترین ارزش اکولوژیکی و تنوع و تراکم گونه ای می باشد (۲ و ۱۱). به دلیل عدم ارتباط خور جعفری به خوره ای دیگر از سمت غرب و محصور شدن آن توسط مجتمعهای پتروشیمی، جریان طبیعی گردش آب و جزر و مد در آن تا حدی مختل شده است. همچنین ورود آلاینده های ناشی از صنایع پتروشیمی واقع در مجاور این خور باعث گردیده که گونه های آبی در آن محدود به جوامع فقیر کف زی از نوع کشتی چسبها، خزه شکلان، شکم پایان و ماهیها کوچک به تعداد بسیار اندک گردد (۱). لذا در ماتریس نمره دهی، این خور کمترین امتیاز را از لحاظ ارزش اکولوژیکی به خود اختصاص داده است. در مقایسه زوجی خورها بر اساس آسیب پذیری، خور زنگی بعنوان نزدیکترین خور به مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه دارای بیشترین آسیب پذیری نسبت به آلاینده ها می باشد بخش محصور خور زنگی از طریق کالورتی که از زیر جاده ترانزیت احداث شده، با آبهای آزاد آن ارتباط دارد و در اثر

حرکات جزر و مدی دریا، آلودگیهای موجود در بخش محصور به بخش آزاد انتقال می یابد . خور جعفری از طریق کانال تاسیساتی که در سایت حفر شده با انشعابات خور زندگی ارتباط داشته و بطور غیر مستقیم تحت تاثیر آلودگی آن قرار می گیرد. لذا در اولویت سوم قرار می گیرد. خور موسی نیز نسبت به خورهای مورد مطالعه، دارای فاصله زیاد از مجتمع پتروشیمی بوده و کمتر در معرض آلاینده های ناشی از فعالیتهای آن قرار می گیرد (۱ و ۱۲). این خور دارای کمترین آسیب پذیری نسبت به آلاینده ها بوده و در اولویت آخر قرار گرفته است . در نمودار شماره (۶) وزن خورها بعنوان زیستگاههای آبی موجود در منطقه بر اساس دو معیار ارزش اکولوژیک و آسیب پذیری آورده شده است.



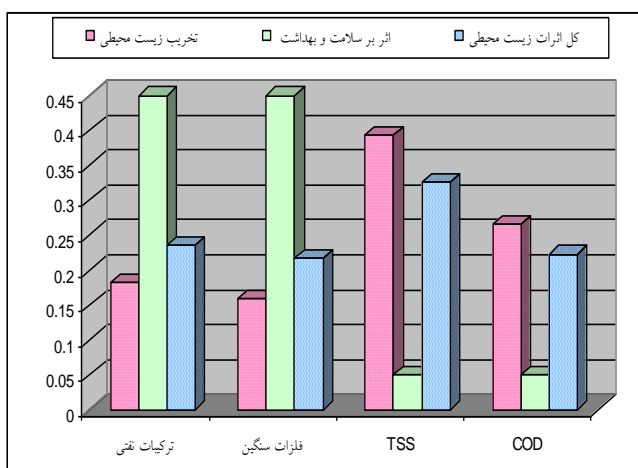
نمودار شماره (۶): مقایسه زوجی خورهای موجود در منطقه مطالعاتی بر اساس دو معیار ارزش اکولوژیک و آسیب پذیری

در ماتریسهای اثر آلاینده های آب بر موجودات زنده خورها، دو آلاینده فلزات سنگین و ترکیبات نفتی به دلیل ایجاد تغییرات رفتاری و فیزیولوژیکی در جانوران آبی و کنار آبی و همچنین جلوگیری از تداوم عمل فتوسنتز در گیاهان آبی (۱۳ و ۲۵) در اولویتهای اول تا دوم نمره دهی شده اند . میزان غلظت بالای TSS موجب مسدود شدن آبشش ماهیان و اختلال در سیستم تنفسی آنها ، تغییر در شکل بستر و زیستگاه جوامع ببتیک می شود (۱۴ و ۱۵). اثر این آلاینده بر عوامل زنده خورها در اولویت سوم اهمیت می باشد . افزایش COD نیز بطور غیر مستقیم با ایجاد کاهش در میزان اکسیژن محلول در آب باعث تنزل کیفیت زیستی آبریان می شود . لذا در اولویت آخر نمره دهی شده است. در جدول شماره (۵) و نمودار شماره (۷) سهم هر یک از آلاینده های آب در تخریب محیط زیست و اثر بر سلامت و بهداشت کل افراد نشان داده شده است.

طبق نتایج اندازه گیری از خروجی پساب سیستم تصفیه فاضلاب مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه، میزان غلظت TSS در دوره های مختلف نمونه برداری بیشتر از سایر آلاینده ها می باشد. لذا در ماتریس اولویت بندی میزان آلودگی عوامل آلاینده با وزن ۰/۵۶۰ نمره دهی شده است . میزان غلظت COD، ترکیبات نفتی و فلزات سنگین بترتیب در اولویتهای بعدی نمره دهی شده است.

جدول شماره (۵): سهم آلاینده های آب در تخریب زیست محیطی

آلاینده های آب	تخریب محیط زیست	اثر بر سلامت و بهداشت افراد کل منطقه	کل تخریب زیست محیطی
ترکیبات نفتی	۰/۱۸۲	۰/۴۵۰	۰/۲۳۵
فلزات سنگین	۰/۱۵۹	۰/۴۵۰	۰/۲۱۷
TSS	۰/۳۹۳	۰/۰۵۰	۰/۳۲۶
COD	۰/۲۶۶	۰/۰۵۰	۰/۲۲۳



نمودار شماره (۷): سهم آلاینده های آب در تخریب زیست محیطی

بحث و نتیجه گیری

بر اساس نمره دهی ماتریسها و مقایسه زوجی شاخصهای (متغیرها) مربوط به هر سطح نسبت به شاخصهای هم سطح و سطوح بالایی، وزن دهی گزینه ها نسبت به هدف انجام شده و اولویت بندی نهایی برای آنها صورت پذیرفته است. در بخش تجزیه و تحلیل اثرات و اولویت بندی آلودگیهای ناشی از مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه، آب با وزن نهایی ۰/۴۶۸ مهمترین آلودگی زیست محیطی در منطقه از نقطه نظر اثرات سوء بر محیط طبیعی و انسانی شناخته شده است. اهمیت آلودگی هوا و اثرات آن بر منابع زیستی منطقه با وزن نهایی ۰/۲۹۹ در ارجحیت دوم نمره دهی شده است. در جدول شماره (۶) وزن هر یک از آلودگیهای ناشی از صنعت پتروشیمی مورد مطالعه در نرم افزار Expert Choice (EC) ارائه شده است. نتایج بدست آمده از ارزیابی اوزان شاخصهای آلاینده آب نشان می دهد TSS با وزن ۰/۳۲۶ مهمترین آلاینده آب ناشی از صنعت پتروشیمی مورد مطالعه می باشد. از آنجائیکه سایر صنایع پتروشیمی موجود در منطقه صنعتی ماهشهر در ایجاد آلودگی آب خورهای اطراف سهم می باشند، لذا در تعیین و اولویت بندی مهمترین آلاینده های آب در محدوده مورد مطالعه، آلاینده های ناشی از سایر صنایع پتروشیمی موجود در منطقه نیز مد نظر قرار گرفته و امتیاز دهی نهایی با توجه به اثرات تجمعی آنها بدست آمده است. طبق نتایج، ترکیبات نفتی با وزن ۰/۲۳۵ در اولویت دوم اهمیت از بعد اثرات زیست محیطی قرار گرفته است. همچنین COD و فلزات سنگین بترتیب با وزنها ۰/۲۲۳ و ۰/۲۱۷ دارای اولویت سوم و چهارم می باشند. اولویت بندی شاخصهای آلاینده آب در جدول شماره (۷) نشان داده شده است.

جدول شماره (۶): وزن گزینه ها در اولویت بندی انواع آلودگیها در نرم افزار EC

آلودگیها	وزن
آلودگی هوا	۰/۲۹۹
آلودگی آب	۰/۴۶۸
آلودگی صدا	۰/۱۱۵
مواد زائد جامد	۰/۱۱۸

جدول شماره (۷): وزن گزینه ها در اولویت بندی نهایی آلاینده های آب در نرم افزار EC

وزن	آلاینده های آب
۰/۳۲۶	TSS
۰/۲۳۵	مواد چربی و روغنی
۰/۲۲۳	COD
۰/۲۱۷	فلزات سنگین

جهت حذف و یا تقلیل اثرات ناسازگار ناشی از میزان غلظت بالای TSS و انتشار ترکیبات نفتی وارد بر محیط پذیرنده راهکارهای زیر پیشنهاد می گردد:

- اصلاح و یا اضافه نمودن حوضچه های ته نشینی با در نظر گرفتن حجم بالای پساب ورودی و میزان غلظت مواد جامد معلق
- افزایش زمان ماند پساب در حوضچه ها
- رفع نقص و اصلاح سیستم تصفیه فاضلاب
- اجرای برنامه های کنترلی و پایش ادواری در فواصل زمانی کوتاه مدت
- در مواقع عدم عملکرد مناسب سیستم تصفیه فاضلاب در مجتمع، بازگرداندن پساب خروجی آن به واحد یوتیلیتی و تصفیه خانه فجر
- قطع و یا محدود کردن ارتباط بخش محصور خور زنگی با آبهای اطراف

منابع و ماخذ:

- ۱- سازمان منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی، ۱۳۸۰، مطالعات فاز یک طرح ساماندهی خورهای منطقه ویژه اقتصادی، سازمان منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی
- ۲- نبوی، سید باقر، ۱۳۷۸، بررسی ماکروبتئوزهای خوریات ماهشهر با تاکید بر نقش آنها در تغذیه آبزیان شیلاتی، پایان نامه دکترای بیولوژی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی.
- ۳- اصغر پور، جواد، ۱۳۸۵، تصمیم گیری های چند معیاره، دانشگاه تهران
- ۴- قدسی پور، سید حسن، ۱۳۸۵، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
- ۵- قدسی پور، سید حسن، ۱۳۸۵، مباحثی در تصمیم گیری چند معیاره، برنامه ریزی چند هدفه (روشهای وزن دهی بعد از حل)، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
- ۶- صمدیار، حسن، ۱۳۸۴، تهیه مدل انتقال آلاینده ها در خلیج فارس (خور موسی) ناشی از فعالیتهای پتروشیمی بندر امام خمینی، پایان نامه کارشناسی ارشد
- ۷- داخته، کبری، ۱۳۸۳، اثر عناصر سنگین بر آبزیان، پایان نامه کارشناسی ارشد
- ۸- مهندسین مشاور شیل آمایش، ۱۳۸۵، طرح جامع محیط زیست منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی، گزارش نقاط دارای پتانسیل آلاینده، سازمان منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی، جلد دوم
- ۹- معاونت امور انسانی، ۱۳۷۸، ضوابط و استانداردهای زیست محیطی، سازمان حفاظت محیط زیست
- ۱۰- رضوی، سیروس، ۱۳۸۳، شرح فرایند شرکت پتروشیمی تندگویان، شرکت پتروشیمی تندگویان

- ۱۱- کریم زاده، کتایون، ۱۳۷۶، نرم تنان بیواندیکاتور آلودگی نفتی در خور موسی، پایان نامه کارشناسی ارشد آلودگی و حفاظت محیط زیست دریا
- ۱۲- مهندسین مشاور ایمن آراء، ۱۳۸۶، ارزیابی اثرات زیست محیطی پتروشیمی فجر ۲
- ۱۳- مکرمی رستمی، علی، ۱۳۸۴، بررسی سمیت هیدروکربنهای نفتی روی آبزیان، سمینار دو کارشناسی ارشد
- ۱۴- اسماعیلی ساری، عباس، ۱۳۸۱، آلاینده ها، بهداشت و استاندارد در محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس
- ۱۵- احترام، مهدی، ۱۳۸۲، اثر آلودگیهای نفتی بر موجودات آبی، پایان نامه کارشناسی ارشد بیولوژی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی.

16. Thora Ellen Thorhallsdottir, 2007, Environment and energy in Iceland: A comparative analysis of values and impact, Iceland, Environmental Impact assessment Review
17. Ong, S.K, 2001, assessing the environmental impact of materials processing techniques using an analytical hierarchy process method, Department of mechanical engineering, national university of Singapore, 10 Kent ridge crescents, Singapore.
18. Reid, S.D, Mc Donald, D.G, 1988, Effect of cadmium, copper and low pH on ion fluxes in rainbow trout (*salmo gairdneri*). Canadian journal of fisheries and aquatic science, 45, 244- 253
19. Roberts, 2001, Applying Environmental criteria to supplier assessment: A study in the application of the analytic hierarchy process, USA, European journal of operational Research.
20. Athanasios, I, 2007, Objective and subjective evaluation of power plants and their non-radioactive emissions using the analytic hierarchy process, Department of engineering and management of energy resources, University of western Macedonia, Greece.
21. Ramanathan, R., 2001, A note on the use of the analytic hierarchy process for environmental impact, Indira Gandhi institute of development research Santosh Nagar, Goregaon (East) Mumbai, India, Journal of Environmental Management
22. Solnes, Jujius, 2003, Environmental quality of large industries development alternatives using AHP, University of Iceland, Reykjavik, Iceland
23. Villa, Ferdinando, Mcleod, Helena, 2006, Environmental Vulnerability Indicators for Environmental Planning and Decision- Making: Guidelines and Applications, Institute for Ecological Economics, University of Maryland, USA.
24. ACGIH word wide, 2006, TLVs and BELs based on the documentation of the threshold limit values for chemical substances and physical agents & biological exposure indices.
25. Videotel marine international, 2001, Response to Marine Oil Spills, International tank owner's pollution federation Ltd., London.

Environmental Impacts of PET- PTA Petrochemical Industries (Case Study: Mahshahr Economic Special Zone)

S. Malmasi⁽¹⁾, *S.A Jozi*⁽²⁾, *S.M Monavari*⁽³⁾, *E. Jafarian Moghadam*⁽⁴⁾

(1) Assistant Professor, Department of Natural Resources Engineering, Technical and engineering Faculty, IAU, Northern Branch of Tehran, Iran. S.malmasi50@gmail.com

(2) Assistant Professor, Department of Natural Resources Engineering, Technical and engineering Faculty, IAU, Northern Branch of Tehran, Iran. sajozi@yahoo.com

(3) Assistant Professor, Department of Environmental Science, College of the Environment and Energy, Science and Research Campus, IAU, Tehran, Iran

(4) Graduate Student, Department of Environmental Management, College of Environment and Energy, Science and Research Campus, IAU, Tehran, Iran. Elahesh.jafarian@gmail.com

Abstract

Petrochemical industries pollutants especially heavy metals affect human health and environment. In this study, impacts of poly ethylene terephthalate petrochemical industries in Mahshahr economic special zone are evaluated with Analytical Hierarchy Process (AHP) by weighting and synthesizing of health human and environmental damage criteria. In this region, main petrochemical industries are constructed close to fiords. Hence pollutants due to these industries have detrimental effects on fiords as most important ecosystem with high biodiversity. Health human damage evaluation is achieved by expressing the impacts of each pollutant on employee and local population health. Environmental damage assessment requires on intuitive expression pollutants density and environmental sensitivity. Finally nine main pollutants are evaluated according to the kind of studied petrochemical industry, TSS, Oil & Grease, COD, Heavy metals, SO_x, NO_x, CO₂, H₂S and PM. these pollutants are then compared to derive a environmental scores. Results indicate that water pollution is most important issue and TSS and Oil & Grease with 0.235, 0.326 scores from waste water discharged as highest priority should be controlled in studied area. Air pollution due to gaseous emission is second priority.

Key words

Petrochemical Industries; Environmental Impact; Analytical Hierarchy Process; Water Pollution.