

## فهرست مطالب

- ۱ جذب و حذف استرونیسیوم پایدار و استرونیسیوم-۹۰ (راديوآکتیو) به کمک جلبك قهوه‌ای *Cystoseira indica* در رفع آلودگی‌های زیست‌محیطی  
رضادباغ، حسین غفوریان، اکبر باغوند، غلامرضانبی، حسین ریاحی
- ۱۱ مطالعه‌آزمایشگاه حذف آرسنیک از آب آلوده توسط جلبك ماکروسکوپی «کارا»  
یاسمن بابایی، سید محمد رضا علوی مقدم، فرشته قاسم زاده، محمد حسین ارباب زوار
- ۱۹ بررسی اثرات زیست محیطی آبی پروری در ایران  
رضا ارجمندی، عبدالرضا کرباسی، رکسانا موگویی
- ۲۹ بررسی اثرات سولفات روی بر بافت آبشش بچه ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)  
طاهره ناجی، شیلا صفائیان، مینا رستمی، مهرناز صبرجو
- ۳۷ مقایسه جنبه های فنی، بهداشتی و اقتصادی سه روش دفع مواد زاید بیمارستانی شامل استریلیزاسیون، سوزاندن و دفن بهداشتی در شهر کرد  
قاسمعلی عمرانی، فریده عتابی، مهربان صادقی، بهمن بنایی قهفرخی
- ۴۷ بررسی مواد زائد خطرناک صنعتی، مطالعه موردی در استان فارس  
پریا امیریان، ناصر طالب بیدختی، نعمت الله جعفرزاده حقیقی فرد، رامین نبی زاده
- ۵۵ امکان سنجی کمینه سازی مواد زائد صنعتی در مجتمع پتروشیمی بندر امام  
سیما سبز علیپور، نعمت اله جعفرزاده، مسعود منوری
- ۶۵ مدیریت زیست محیطی زائدات جامد صنایع سنگبری مطالعه موردی استان قم  
محمد مسافری، محمد فهیمی نیا، حسن تقی پور
- ۷۵ تثبیت و جامد سازی لجن حاصل از صنایع آبکاری با استفاده از مصالح ساختمانی  
وحید شاپوری، سیدمحمد رضا علوی مقدم، تقی عبادی
- ۸۵ بررسی وضعیت حقوقی- زیست محیطی منابع آب سطحی مورد استفاده شرب در تهران  
برهان ریاضی، ناصر قاسمی، فرهاد دبیری، الهه پورکریمی
- ۹۵ ارائه مدل ریاضی بر پایه پیش بینی انتشار آلاینده های زیست محیطی در یک نیروگاه نمونه  
رضا مرندی، نصرالله مجیدیان، سید محمد حجی خراسانی
- ۱۰۵ مقدمه‌ای بر ژئوپلیتیک زیست محیطی  
یوسف زین العابدین، حمید رضا پاک نژاد متکی
- ۱۲۴ چکیده انگلیسی مقالات

# بسم الله الرحمن الرحيم


## راهنمای نویسندگان

فصلنامه «علوم و تکنولوژی محیط زیست» ، نشریه علمی دانشکده محیط زیست واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی و انجمن متخصصان محیط زیست ایران است که در سال، ۴ شماره به زبان فارسی و انگلیسی منتشر می کند و دارای مقالات پژوهشی در زمینه های گوناگون مهندسی، مدیریت و علوم محیط زیست می باشد.

- ۱- هر مقاله باید نتیجه پژوهش نویسنده (ها) بوده و پیشتر در مجله ای به چاپ نرسیده باشد .
- ۱۰- محل جدول (ها) و نمودار(ها) باید در متن مقاله شماره گذاری شود .
- ۲- نوشته باید روان و برابر دستور زبان فارسی بوده و در انتخاب واژه ها کوشش شایسته شده باشد .
- ۳- در هر مقاله باید سعی شود برابری فارسی واژه های لاتین به کار رود. چنانچه برابر فارسی به کار رفته رسا نباشد، می توان با گذاشتن شماره در بالای برابر فارسی، واژه لاتین را در پانویس آورد .
- ۴- مقاله باید تنها بر یک روی کاغذ استاندارد ۲۱×۳۰ سانتی متر به صورت تایپ شده با سه سانتی متر فاصله از هر طرف، در سه نسخه فرستاده شود.
- ۵- برگ اول باید شامل عنوان مقاله، نام، پایه علمی، نشانی و شماره تلفن نویسنده (ها) باشد .
- ۶- مقاله باید شامل عنوان، ۳ الی ۵ واژه کلیدی، چکیده، مقدمه، روش بررسی، نتایج، تفسیر نتایج، سپاسگزاری، منابع و مآخذ و چکیده به زبان انگلیسی باشد .
- ۷- چکیده انگلیسی باید روی برگ جداگانه شامل عنوان مقاله، نام و پایه علمی نویسنده (ها) نشانی نویسنده (ها)، واژه های کلیدی و چکیده مقاله باشد.
- ۸- جدول (ها) با شماره و عنوان در بالای جدول روی برگ (های) جداگانه آورده شوند.
- ۹- نمودارها، سیاه و سفید و با کیفیت خوب با شماره و عنوان نمودار در زیر هر کدام روی برگ (های) جداگانه ارائه شود .
- ۱۱- منابع باید در متن مقاله به ترتیب شماره گذاری شود و در انتهای مقاله در بخش منابع به ترتیب ذیل مرتب شود:
- ۱۲- برای کتاب، به جای نام مجله، باید همه مشخصات کتاب، ناشر و محل چاپ آورده شود.
- ۱۳- تنها منابعی که در مقاله به آن اشاره شده باید در بخش منابع و مآخذ به ترتیب و با ذکر شماره آورده شود.
- ۱۴- مقالات کوتاه و گزارش های علمی باید مانند مقالات پژوهشی به شیوه بالا آماده شوند.
- ۱۵- شورای نویسندگان مجله، در پذیرش یا عدم پذیرش مقالات دریافتی آزاد است.

### مسأله تهیه کمپوست مخلوط از زباله در ایران

رعایت ضوابط و استانداردها در همه ابعاد مدیریتی مواد زاید جامد یک اصل اساسی در حفظ محیط زیست و سلامتی موجودات آن بوده، لازم است با توجه خاص مد نظر قرار گیرد. رعایت این مسأله در ایجاد و توسعه صنایع تولید کمپوست از ابتدای خط تولید تا انتهای عرضه محصول به بازار یک ضرورت اجتناب ناپذیر بوده لازم است تا در بخش های مختلف مدیریتی کمپوست کشور اعم از تفکیک مواد از مبدا، مبانی طراحی، فرآیند تولید، و از همه مهم تر کنترل محصول و تجزیه مواد از نظر جنبه های تغذیه گیاهی و موارد بهداشتی با توجه و دقت خاص مد نظر قرار گیرد. وجود متجاوز از ده کارخانه کمپوست از زباله مخلوط مشتمل بر زباله های خطرناکی خانگی (H.H.W)<sup>1</sup> که در هیچ کدام از شهرهای کشور جداسازی نمی شوند با صرف ده ها میلیارد تومان مسایل و مشکلاتی است که به صورت یک چالش اساسی در بهداشت و اقتصاد مدیریت پسماندهای کشور مطرح است. فقدان استانداردهای لازم و عدم کنترل فرآیند این گونه صنایع از سوی مسئولین مرتبط و غیر متعادل بودن جنبه های اقتصادی کمپوست در مقایسه با سایر روش های دفع زباله و نیز بی توجهی به توسعه برنامه های بیوکمپوست در کشور از جمله مواردی است که به این بحران می افزاید. قابل تذکر است، ایجاد کارخانجات کمپوست از زباله مخلوط در ایران که در بعضی از موارد اصول برنامه ریزی و سفارش ماشین آلات آن توسعه بعضی از کشورها منجمله آلمان به انجام می رسد هم اکنون در بسیاری از کشورها به ویژه آلمان که پیشرو صنعت کمپوست در جهان است از سال ۱۹۹۳ ممنوع اعلام گردیده است. ناگفته نماند تنها بررسی فلزات سنگین، مواد تغذیه گیاهی و عدم وجود انگل یا پارازیت در کمپوست مخلوط (آن چه که در ایران مد نظر است) دلیلی بر استاندارد بودن این گونه مواد نبوده و نخواهد بود. وجود سموم، پسماندهای پزشکی، زباله های صنعتی و عدم توجه به وجود سنگریزه ها، شیشه، پلاستیک و فقدان کنترل حرارت، کنترل بو، موارد ایمنی و حفظ سلامت کارکنان و نیز برنامه و روش های نمونه برداری از یک سو و بی توجهی به جنبه های اقتصادی در مقایسه با سایر روش های دفع منجمله دفن بهداشتی زباله در مناطق مختلف کشور چالش های ویژه ایست که می بایستی به وضوح و طبق یک برنامه ضربتی در توسعه، ایجاد و یا کارآیی صنایع کمپوست کشور مورد توجه قرار گیرد. به نظر می رسد تولید کمپوست مخلوط به طوری که هم اکنون در کشور معمول است با توجه به عدم وجود ضوابط و یا فقدان توانایی در انجام آزمایش های ضروری مستقیماً سلامت قشر عظیم کشاورزان، افراد جامعه، خاک و محیط زیست کشور را مورد تهدید قرار می دهد که به هیچ عنوان به صلاح و مصلحت بهداشت محیط مملکت ما نیست. موارد دیگری در زمینه مسایل بهداشتی اقتصادی تهیه کمپوست در ایران مطرح است



که لازم است توسط مسئولین محترم وزارت کشور، وزارت بهداشت، و سازمان حفاظت محیط زیست براساس مبنای عنوان شده در زیر مورد توجه خاص قرار گیرد.

۱. تعیین استراتژی مدیریت مواد زاید جامد از طریق ایجاد یک کمیسیون خاص با شرکت اساتید دانشگاه و دست اندرکاران با سابقه کشور در اسرع وقت

۲. توقف بلادرنگ سرمایه گذاری و ایجاد صنایع کمپوست مخلوط و توسعه برنامه های بیوکمپوست همچون بسیاری از کشورهای پیشرفته جهان در ایران

۳. ارزیابی صنایع کمپوست مخلوط در مقایسه با بیوکمپوست از نظر بهداشتی اقتصادی و الگو قرار دادن آن در استراتژی تولید کمپوست کشور

۴. تهیه استانداردهای ویژه کمپوست و کنترل آن توسط دستگاه های مسؤول استاندارد، سازمان محیط زیست، وزارت بهداشت، جهاد کشاورزی و...

قاسمعلی عمرانی

## جذب و حذف استرونیوم پایدار و استرونیوم-۹۰ (راديواکتيو) به کمک جلبک قهوه‌ای (*Cystoseira indica*) برای رفع آلودگی‌های زیست محیطی

رضا دباغ

دکتری مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران

rdabagh@yahoo.com (عهده دار مکاتبات)

حسین غفوریان

عضو هیئت علمی سازمان انرژی اتمی ایران

اکبر باغوند

استادیار دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی

غلامرضا نبی

استاد گروه آمار و اپیدمیولوژی دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

حسین ریاحی

عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی (گروه زیست شناسی)

تاریخ پذیرش: ۸۵/۱۱/۲۰

تاریخ دریافت: ۸۵/۷/۲۹

### چکیده

در این تحقیق توانایی زی‌توده خشک جلبک قهوه‌ای (*Cystoseira indica*) برای جذب استرونیوم پایدار ( $^{88}\text{Sr}$ ) و استرونیوم-۹۰ ( $^{90}\text{Sr}$ )، رادیواکتیو) مورد بررسی قرار گرفته است. pH بهینه جذب معادل  $9 \pm 0.3$  بوده و مدت زمان تماس برای جذب ۶ ساعت و بیشینه جذب بر اساس رابطه خطی لانگمور برابر با  $26.67 \text{ mg/g.dry-wt}$  و  $10526 \text{ Bq/g.dry-wt}$  به ترتیب برای و به دست آمد. ثابت سرعت واکنش (b) برای  $^{90}\text{Sr}$  و  $^{88}\text{Sr}$  به ترتیب برابر با  $0.017$  و  $0.0006$  به دست آمد. افزایش غلظت و مقدار زی‌توده موجب حذف بیشتر ایزوتوپ و رادیوایزوتوپ استرونیوم می‌شود. ظرفیت جذب پویا (DC) در بهره‌برداری در ستون جذب و به صورت جریان پیوسته معادل  $14.17 \text{ mg/g}$  ( $\hat{V}_B = 160/97 \text{ mL/g}$ ) به دست آمد. ظرفیت جذب زی‌توده پس از ۵ مرتبه فرایند جذب و بازجذبی به کمک کلرید کلسیم، کلرید سدیم، اسیداستیک و EDTA بررسی شده و نتایج به دست آمده عدم تغییر در ظرفیت زی‌جذبی را نشان داد.

**واژه‌های کلیدی:** زی‌جذبی، استرونیوم، استرونیوم-۹۰، جلبک قهوه‌ای، *Cystoseira indica*

### مقدمه

بسیار بالایی جهت جذب رادیونوکلیدها و فلزات سمی دارند. وجود بنیان‌های کربوکسیل، هیدروکسیل و سایر بنیان‌ها در ترکیبات اسیدآلژینیک و فوکویدان از مهمترین عوامل جذب رادیوایزوتوپ‌ها و فلزات سنگین و یا سایر عناصر در دیواره سلولی جلبک‌های قهوه‌ای است (۱۳، ۱۰ و ۱۴). جلبک قهوه‌ای *Cystoseira indica* از جمله گونه‌های فراوان در دریای عمان است که با همکاری مرکز تحقیقات شیلات چابهار جمع‌آوری شده و به منظور بررسی فرایند زی‌جذبی استفاده شده است (۱۵، ۱۶ و ۱۷). در این تحقیق زی‌توده خشک شده و دانه‌بندی شده جلبک قهوه‌ای *Cystoseira indica* به منظور جذب و حذف استرونیوم پایدار ( $^{88}\text{Sr}$ ) و استرونیوم-۹۰ ( $^{90}\text{Sr}$ )، رادیواکتیو) استفاده شده است.

جذب و کاهش میزان آلاینده‌ها در محیط‌های آبی به کمک ریزسازواره‌ها نظیر باکتری‌ها، سیانوباکتری‌ها، جلبک‌ها و سایر ریزسازواره‌ها<sup>۱</sup> از جمله گزینه‌های مطرح شده در زمینه رفع آلودگی‌های زیست محیطی است (۱-۹). تنوع، فراوانی و ارزان بودن انواع زی‌توده<sup>۲</sup> نظیر جلبک‌ها، تفاله چای، کیتین خرچنگ و همچنین ترکیباتی نظیر پودر میوه بلوط و خاک اره و سایر ترکیبات، همواره زمینه ساز تحقیقات گسترده بر روی انواع زی‌توده به منظور حذف آلودگی بوده است (۷، ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳).

جلبک‌های قهوه‌ای به علت ساختار ویژه دیواره سلولی توانایی

1- Microorganisms

2- Biomass

نوع ترکیب کلرید کلسیم، کلرید سدیم، اسید استیک و EDTA با غلظت ۱۰ میلی‌مول در لیتر انجام شده است. تعداد مراحل جذب و باز جذب ۵ مرتبه بوده و زمان تماس ۴۵ دقیقه و زمان احیا و بازجذبی ۲۰ دقیقه می‌باشد. مدل سازی فرایند جذب به کمک معادله لانگمور<sup>۲</sup> صورت گرفته است (۱۳، ۲۴، ۲۵ و ۲۶).

$$\frac{x}{m} = \frac{abC_e}{1 + bC_e}$$

در رابطه یاد شده  $x$  مقدار ماده جذب شده بر روی ماده آلاینده بر حسب  $mg$ ،  $m$  جرم ماده جاذب بر حسب گرم،  $a$  ( $q_{max}$ ) بیشینه ماده قابل جذب بر روی ماده جاذب تا حد اشباع شدن بر حسب  $mg/g$ ،  $b$  ثابت سرعت واکنش و  $C_e$  غلظت نهایی یا باقی‌مانده آلاینده می‌باشد. پس از تعیین شرایط بهینه جذب، بررسی زی‌جذبی استرونیسیوم-۹۰ در پرتوزایی ۱۰۰، ۱۰۰۰، ۱۰۰۰۰ و ۱۰۰۰۰۰ میلی‌بکرل در میلی‌لیتر انجام شده است. تعیین تأثیر مقدار زی‌توده در روند زی‌جذبی با مقادیر ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲ گرم در لیتر زی‌توده خشک جلبک قهوه‌ای انجام یافته است. اندازه‌گیری مقادیر  $^{88}Sr$  به کمک دستگاه جذب اتمی مدل واریان<sup>۳</sup> و شمارش پرتوزایی محلول‌های محتوی  $^{90}Sr$  به روش سنتیلاسیون مایع و به کمک شمارش‌گر مدل کوانتولوس<sup>۴</sup> انجام شده است. هم‌زنی تمامی ارلن‌ها با سرعت ۱۵۰ rpm و در دمای ۲۹ درجه سانتی‌گراد به کمک دستگاه تکان‌دهنده<sup>۵</sup> مدل اینفورس<sup>۶</sup> صورت گرفته است. به منظور بررسی توان زی‌جذبی زی‌توده مورد نظر در سامانه جریان پیوسته و یا ستون جاذب، از ستون شیشه‌ای از جنس پیرکس با قطر داخلی ۲/۷cm و ارتفاع مفید ۱۲ cm استفاده شده است. شدت جریان محلول یک میلی‌مولار ( $88mg/L$ ) استرونیسیوم در ستون جاذب محتوی زی‌توده خشک شده *Cystoseira indica* معادل ۱۵۰ mL/h می‌باشد که به کمک پمپ پری‌ستالتیک<sup>۷</sup> مدل واتسون مارلو<sup>۸</sup> تأمین شده

از تعداد ۳۰ ایزوتوپ و رادیوایزوتوپ عنصر استرونیسیوم، و در میان رادیوایزوتوپ‌های این عنصر، استرونیسیوم-۹۰ با نیمه‌عمر ۲۸/۷۸ سال و تابش خالص بتا از اهمیت بیشتری برخوردار است. این رادیوایزوتوپ حاصل شکافت هسته‌ای در راکتورهای تحقیقاتی و تولید نیرو بوده و یا پس از حوادث و یا انفجارات هسته‌ای تولید می‌شود (۱۸-۲۳). خطر عمده این رادیوایزوتوپ در صورت ورود به چرخه سوخت و ساز بدن جایگزینی آن با کلسیم استخوان و ایجاد سرطان مغز استخوان است. به علت خطرات بالقوه موجود در حین کار با  $^{88}Sr$ ، تعیین شرایط بهینه جذب با انجام شده و سپس بررسی‌ها بر روی  $^{90}Sr$  انجام گرفته است.

### مواد و روش‌ها

جلبک قهوه‌ای جمع‌آوری شده از دریای عمان با آب قابل شرب شسته شده و در مقابل آفتاب خشک شد. جلبک جمع‌آوری شده در آزمایشگاه به کمک آسیاب خرد شد و با استفاده از الک مدل رت<sup>۱</sup> به ابعاد ۰/۵-۱mm دانه‌بندی گردید (۲۴). بررسی فرایند زی‌جذبی در سامانه بسته به شرح زیر انجام یافته است. از ارلن‌های ۱۰۰mL محتوی ۳۰mL آب مقطر محتوی بافر مناسب به همراه غلظت‌های مورد نیاز از  $^{88}Sr$  و  $^{90}Sr$  استفاده شده است. تمامی آزمایشات با دو بار تکرار بوده و در کلیه مراحل از نمونه‌های شاهد استفاده شده است. بررسی pH مختلف در مقادیر ۴، ۶، ۸، ۹ و ۱۰ و به ترتیب به کمک بافرهای فسفات، PIPES، HEPES و CHES انجام شده است (۲۴ و ۲۵). مدت زمان تماس به ترتیب معادل ۰/۵، ۲، ۶، ۱۸ و ۲۴ ساعت بوده و غلظت  $^{88}Sr$  به ترتیب برابر با ۰/۰۱، ۰/۱، ۱، ۵ و ۱۰ میلی‌مول در لیتر است. بررسی تأثیر مقدار زی‌توده اضافه شده به ترتیب در مقادیر ۱/۶۷، ۳/۳۳، ۵، ۶/۶۶ و ۸/۳۳ گرم در لیتر انجام شده است. درجه حرارت ۱۵، ۲۹ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد جهت بررسی تأثیر دما، و عنصر کلسیم به منظور یون رقابت‌کننده با استرونیسیوم در فرایند زی‌جذبی در غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مول در لیتر استفاده شده است. بازیابی عناصر یا فرایند احیای زی‌توده به کمک چهار

2-Langmuir

3- Varian spectra AA-220

4-Quantulus®- 1220 ultra low level scintillation spectrometer

5-Shaker

6-INFORCE

7-Peristaltic

8-Watson marlow 205U

1-Retsch

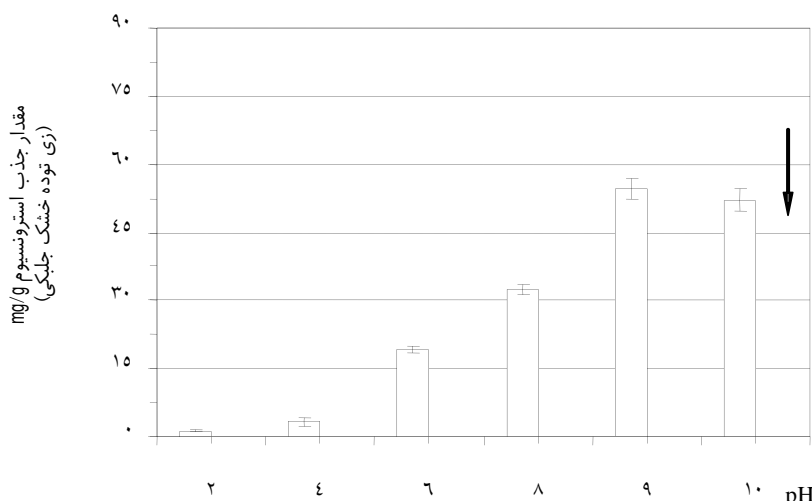
تجزیه پرتو ایکس گسیلی در اثر برانگیختگی با پروتون (PIXE) وجود استرونیسیوم را بر روی زی توده تایید می کند (۲۷، ۲۸ و ۲۹). مقدار استرونیسیوم موجود در روی زی توده معادل  $2708/20 \text{ mg/cm}$  (۰/۸۴٪ خطای آماری) می باشد. در شکل شماره ۲ تأثیر زمان تماس زی توده با آلاینده نشان داده شده است. بیشینه جذب پس از ۶ ساعت زمان تماس رخ داده و برابر با  $83/64 \text{ ng/g.dry-wt}$  می باشد. پس از این مدت زمان به علت اشباع شدن زی توده و ایجاد تعادل با محلول مقدار جذب کاهش می یابد. با توجه به میله های خطای معیار و معنی دار نبودن اختلاف زمان تماس ۲ ساعت و ۶ ساعت، در عمل می توان از زمان تماس ۲ ساعت استفاده کرد. تأثیر افزایش غلظت استرونیسیوم

است. دانه بندی زی توده به ابعاد  $0.5-1 \text{ mm}$  بوده و مدت زمان بهره برداری ۴۸ ساعت است.

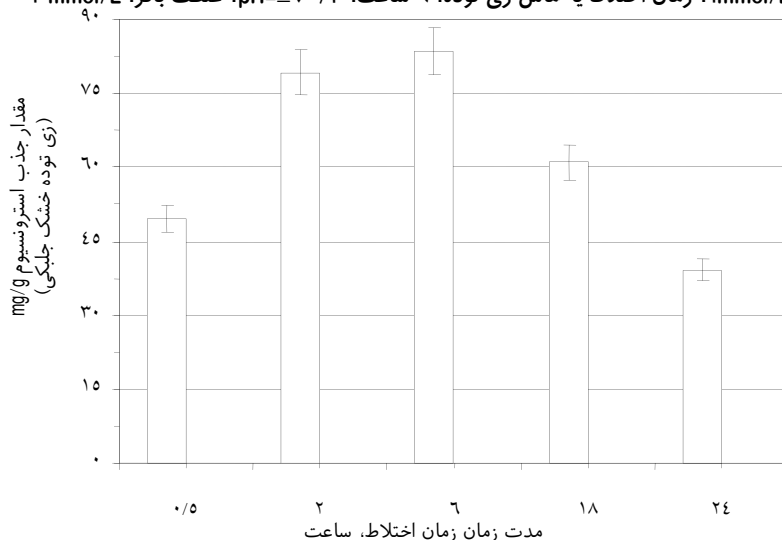
بهره برداری به صورت پیوسته بوده و فاصله زمانی نمونه برداری یک ساعت می باشد. برآورد نمودار نقطه شکست جذب و روند بررسی بهره برداری از ستون جاذب با استناد به روش مدل سازی فورن والت هوچین<sup>۱</sup> است (۲۶).

### نتایج و بحث

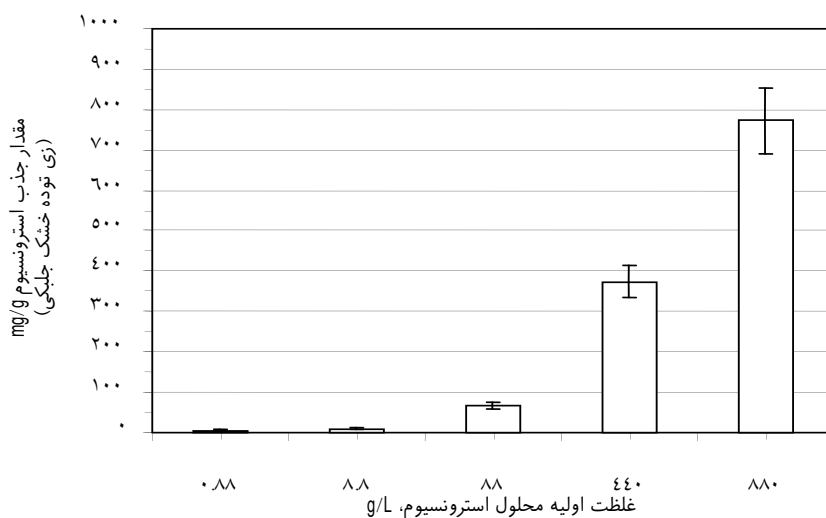
بهبینه جذب استرونیسیوم در  $\text{pH} = 9 \pm 0.3$  صورت می گیرد (شکل ۱). به طور کلی جذب کاتیون ها در  $\text{pH}$  قلیایی بوده و در  $\text{pH}$  نزدیک ۱۰ بنیان های کربوکسیل و هیدروکسیل فعال می گردند (۱۳). تجزیه نمونه ها با روش



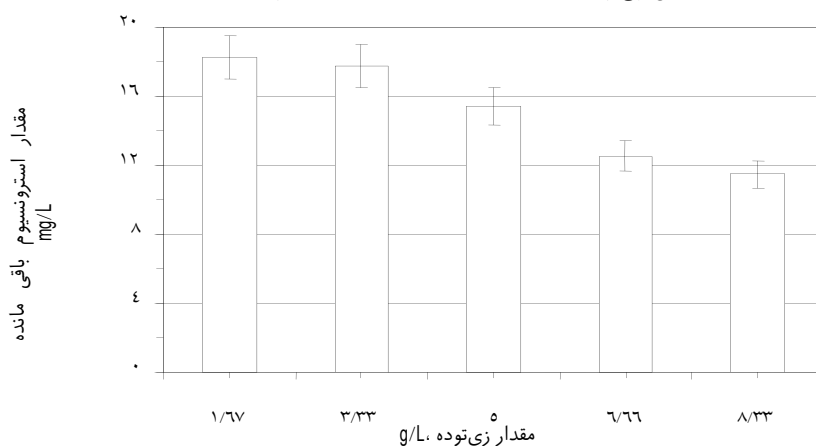
شکل ۱- تأثیر تغییرات دما بر مقدار زی جذبی استرونیسیوم به کمک زی توده خشک شده جلبک قهوه ای، غلظت اولیه استرونیسیوم:  $1 \text{ mmol/L}$ ، زمان اختلاط یا تماس زی توده: ۶ ساعت،  $\text{pH} = 9 \pm 0.3$ ، غلظت بافر:  $10 \text{ mmol/L}$



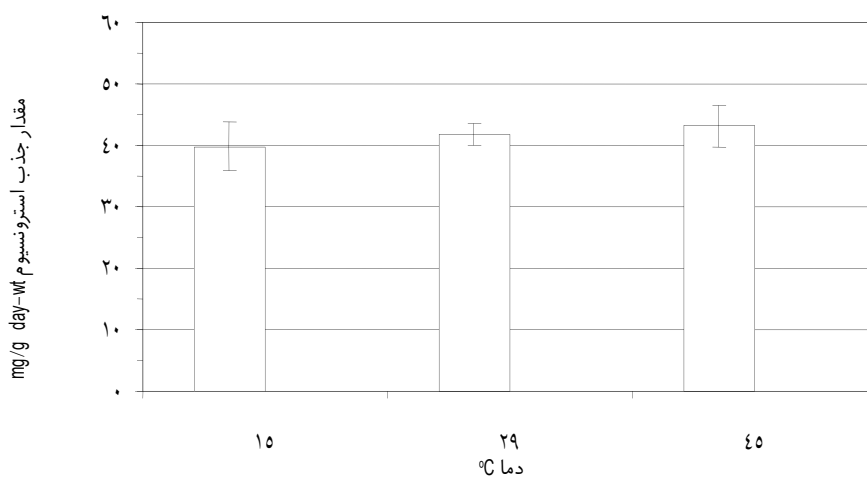
شکل ۲- تأثیر افزایش زمان تماس زی توده خشک با فلز استرونیسیوم در میزان جذب آن، غلظت اولیه استرونیسیوم:  $1 \text{ mmol/L}$ ، غلظت بافر:  $10 \text{ mmol/L}$ ،  $\text{pH} = 9 \pm 0.3$



شکل ۳- تأثیر غلظت اولیه استرونیوم در میزان جذب آن به کمک زی توده خشک جلبک قهوه‌ای سیستم سراسرا ایندیکا، زمان اختلاط یا تماس زی توده: ۶ ساعت، pH=±۹.۰/۳، غلظت بافر: ۱۰mmol/L



شکل ۴- تأثیر افزایش مقدار زی توده در میزان استرونیوم باقی مانده، زمان اختلاط یا تماس زی توده طبیعی: ۶ ساعت، pH=±۹.۰/۳، غلظت بافر: ۱۰mmol/L، غلظت اولیه استرونیوم ۱ mmol/L



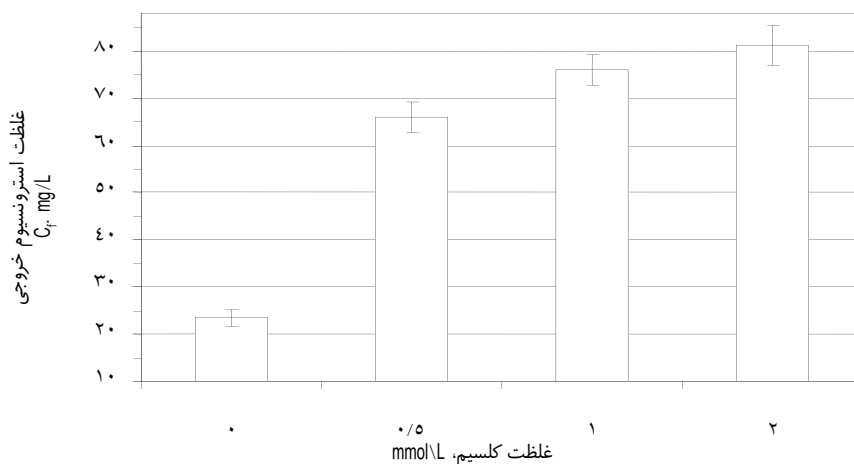
شکل ۵- تأثیر تغییرات دما بر مقدار زی جذبی استرونیوم به کمک زی توده خشک شده جلبک قهوه ای، غلظت اولیه استرونیوم: ۱mmol/L، زمان اختلاط یا تماس زی توده: ۶ ساعت، pH=±۹.۰/۳، غلظت بافر: ۱۰mmol/L



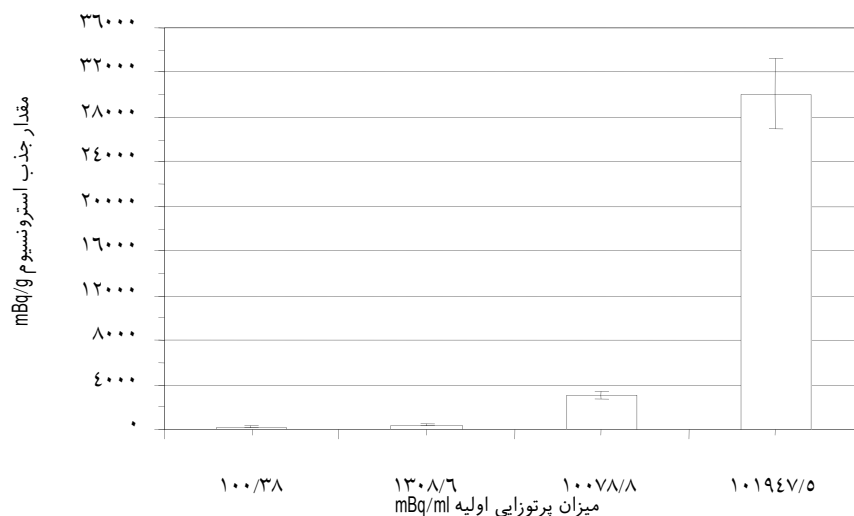
و با افزایش غلظت یون کلسیم، جذب یون استرونیوم کاهش می‌یابد (شکل ۶).

بر اساس انجام آزمون ANOVA بر روی نتایج جذب و بازجذبی زی‌توده جهت استفاده مجدد از آن به کمک چهار ماده احیا کننده، تفاوت معنی داری بین ارقام به دست نیامد. این نتیجه بدین معنی است که از هر چهار ماده می‌توان برای بازجذبی و احیاء زی‌توده بدون تغییر در ظرفیت جذب استفاده کرد. در عمل از EDTA به علت اقتصادی نمی‌توان استفاده کرد. ملاک آزمون F محاسبه شده در این آزمایش معادل ۰/۷۶ و ملاک آزمون F جدول برابر با ۳/۱۹ می‌باشد. تأثیر افزایش پرتوزایی اولیه محلول‌ها بر روی میزان زی‌جذبی استرونیوم-۹۰ در شکل ۷ نشان داده شده است. با افزایش مقدار پرتوزایی محلول‌ها بر میزان جذب افزوده شده است.

و مقدار زی‌توده در اشکال شماره ۳ و ۴ نشان داده شده است. با افزایش غلظت استرونیوم به علت افزایش قدرت یونی محلول مقدار جذب افزایش می‌یابد. با افزودن مقدار بیشتر زی‌توده نیز به علت افزایش جایگاه‌های پیوندی مقدار زی‌جذبی فزونی یافته و غلظت استرونیوم باقی‌مانده و یا نهایی ( $C_p$ )، کاهش می‌یابد. با استفاده از رابطه خطی شده لانگمور بیشینه جذب ( $q_{max}$  یا  $a$ ) برابر با  $mg/g$  ۲۶/۶۷ dry wt به دست آمد. ثابت سرعت واکنش نیز در این آزمایش برابر با ۰/۱۷ می‌باشد. تغییر درجه حرارت در محدوده ۴۵-۱۵ درجه سانتی‌گراد با توجه به میله‌های خطای معیار اختلاف معنی‌داری نداشته و در نتیجه می‌توان در محدوده یاد شده روند زی‌جذبی را بررسی کرد (شکل ۵). تأثیر حضور یون کلسیم به علت نقش رقابتی در پیوند با جایگاه‌های پیوندی نقش مؤثری در ظرفیت جذب داشته



شکل ۶- تأثیر افزایش غلظت یون کلسیم در کاهش ظرفیت زی‌جذبی زی‌توده خشک شده *C. indica*، غلظت اولیه استرونیوم: ۱ mmol/L، زمان اختلاط یا تماس زی‌توده: ۶ ساعت،  $pH = \pm 9.0/3$ ، غلظت بافر: ۱۰ mmol/L



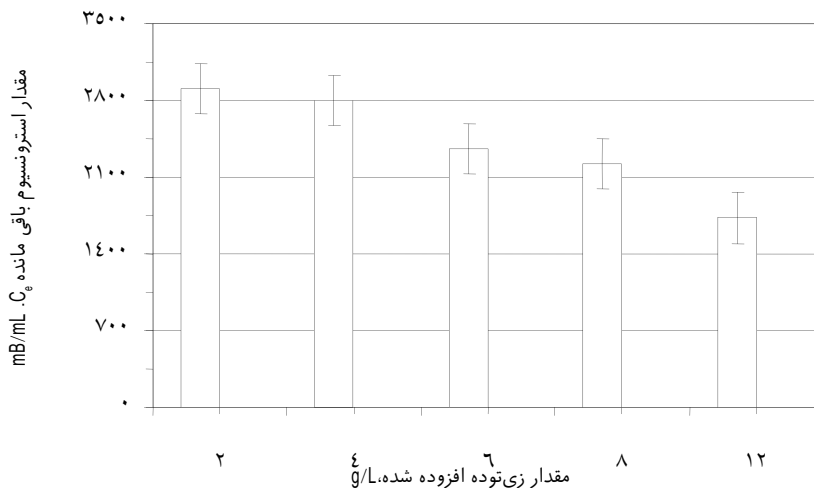
شکل ۷- تأثیر افزایش پرتوزایی اولیه استرونیوم-۹۰ در میزان جذب آن به کمک زی‌توده خشک شده *C. indica*، غلظت اولیه استرونیوم: ۱ mmol/L، زمان اختلاط یا تماس زی‌توده: ۶ ساعت،  $pH = \pm 9.0/3$ ، غلظت بافر: ۱۰ mmol/L، آمایش شده: ۳۰ دقیقه

بهره‌برداری از ستون جاذب نشان داده شده است. نقطه‌ای که غلظت استرونیوم خروجی ( $C_e$ )، از  $1\text{mg/L}$  بیشتر شود به عنوان نقطه شکست در نظر گرفته شده است. مدت زمان رسیدن به این نقطه و یا زمان استهلاك زی‌توده  $660$  دقیقه بوده و پس از عبور  $3300\text{mL}$  محلول يك میلی‌مولار استرونیوم به دست آمده است.

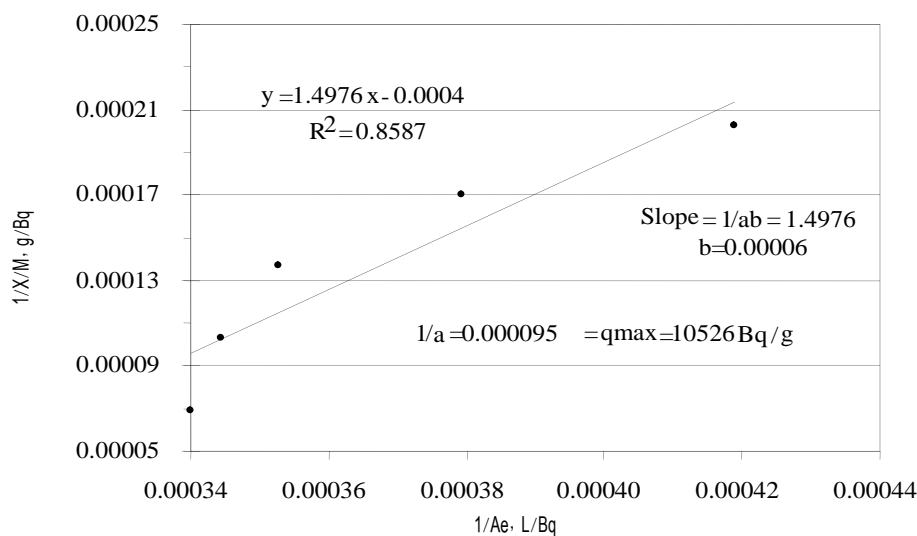
ظرفیت جذب پویا برابر با  $14/17\text{mg/g}$  در شرایط مورد نظر ( $\hat{V}_B = 160/97\text{ mL/g}$ ) می‌باشد. مدت زمان مورد نیاز برای اشباع شدن کامل زی‌توده بعد از  $29$  ساعت و عبور  $8700\text{ mL}$  محلول استرونیوم به دست آمده است. (اشکال ۷ و ۸)

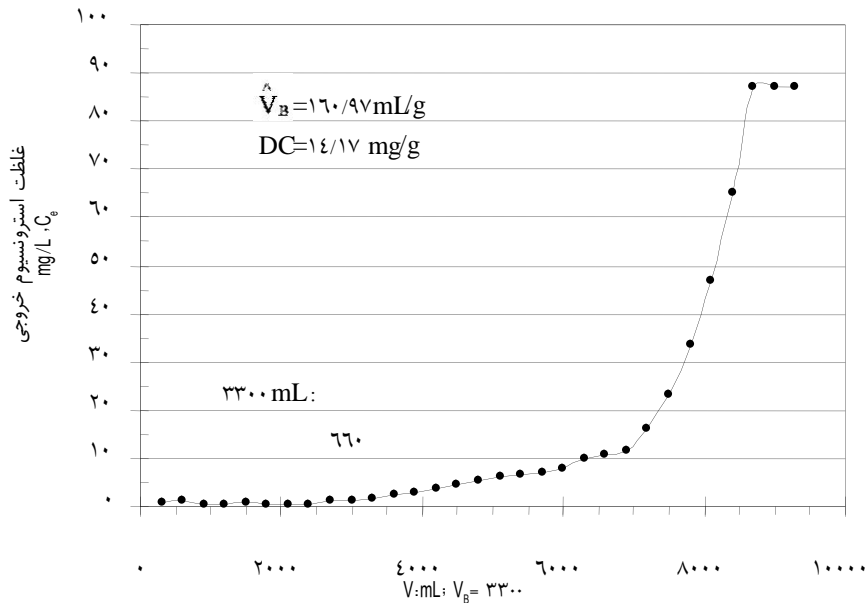
در این آزمایش نظیر افزایش غلظت استرونیوم پایدار، با افزایش مقدار پرتوزایی، غلظت استرونیوم  $90$  فزونی یافته و در نتیجه قدرت یونی جهت جذب شدن  $^{90}\text{Sr}$  افزایش می‌یابد. با افزایش مقدار زی‌توده نیز میزان پرتوزایی محلول نهایی و یا آلودگی خروجی،  $A_e$ ، بیشتر کاهش می‌یابد. در شکل ۸ روند جذب و کاهش پرتوزایی محلول‌ها آرایه شده است. نمودار خطی شده لانگمور نیز در شکل ۹ نشان داده شده است.

بر اساس نمودار به دست آمده، بیشینه جذب ( $q_{\text{max}}$ ) برابر با  $10526\text{ Bq/g.dry-wt}$  و ثابت سرعت واکنش ( $b$ ) برابر با  $0/00006$  می‌باشد. در شکل شماره ۱۰ نمودار نقطه شکست حاصل از



شکل ۸- تاثیر افزایش مقدار زی‌توده در میزان پرتوزایی باقی مانده استرونیوم-۹۰، شدت پرتوزایی اولیه  $32026$ ، زمان اختلاط یا تماس زی‌توده:  $6$  ساعت  $10\text{ mmol/L}$  غلظت بافر،  $\text{pH} = 9.0/3$





شکل ۱۰- منحنی شکست استرونیسیوم برای زی توده خشک جلبکی، غلظت اولیه *C. indica*، حجم خالی بستر ۵۱ mL، بهره برداری ۱۵۰ mL/h

#### نتیجه گیری

استفاده از زی توده خشک شده جلبک قهوه‌ای *Cystoseira indica* به علت اقتصادی بودن و وفور آن در دریای عمان و همچنین مقدار جذب قابل توجه از اهمیت خاصی برخوردار است. از این نوع زی توده می توان برای حذف و کاهش میزان پرتوزایی پسماندهای مایع رادیواکتیو که محتوی استرونیسیوم-۹۰ است استفاده کرد. با توجه به کارایی این نوع زی توده انتظار می رود که سایر رادیونوکلیدها نیز به میزان قابل توجهی حذف گردند. به طور کلی جلبک های قهوه ای به دلایل یاد شده گزینه ای مناسب جهت حذف آلودگی های رادیواکتیو و همچنین فلزات سنگین به شمار می روند. از این رو با توجه به نتایج به دست آمده، جهت توسعه کاربرد این نوع زی توده می بایست در مقیاس نیمه صنعتی و صنعتی به منظور حذف آلاینده ها (استرونیسیوم-۹۰ و غیره) باید تحقیقات تکمیلی صورت گیرد.

#### مراجع

۱. علم،.
۲. فرازمنده، ع. ۱۳۷۴. جداسازی میکروب های تصفیه کننده اورانیوم و سایر فلزات سمی و سنگین از پساب ها، پایان نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی حسین غفوریان، دانشگاه تهران، دانشکده علوم.
۳. لطیفی، ع.م. ۱۳۷۶. بررسی مکانیسم ها و بهینه سازی جذب اورانیوم توسط باکتری MGF-۴۸ و جداسازی سوبه باکتریایی جدید با توان جذب بالاتر، پایان نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی حسین غفوریان، دانشگاه تهران، دانشکده علوم.
4. Atkinson B.W., Bux F. Kasa .C. 1998. Considerations for application of biosorption technology to remediate metal-contaminated industrial effluents, Water SA 24(2), 129-136
5. Bakken L.R., Olsen R. A.1990. Accumulation of radiocaesium in fungi, Can .J. Microbiol. Vol. 36, 704-7

۱. جلالی راد، ر. ۱۳۷۸. بررسی توان باکتری *CH.LUTEOLA* برای جذب رادیویزوتوپ های پسمان های MGF-۴۸ رادیواکتیو و بهینه سازی شرایط جذب، پایان نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی حسین غفوریان، دانشگاه تهران، دانشکده

13. Volesky, B. 2003. Sorption and biosorption, Bv sorbex, Inc.
14. Miah S.A., Hurtgen Ch., Georgescu I.I. 1999. Radioactive accumulation in alga samples from Romanian black sea coast, Journal of radioanalytical nuclear chemistry, 242(2), 419-422.
۱۵. ریاحی، ح. ۱۳۸۱. جلبك شناسی، انتشارات دانشگاه الزهراء.
۱۶. قرنجیک، ب.م. ۱۳۸۳. مرکز تحقیقات شیلات چاپهار (پوستر رنگی جلبك‌های دریای عمان)، سازمان تحقیقات شیلات ایران.
17. Bold H.C., Wynne M.J. 1985. Introduction to the algae-Structure and reproduction, Prentice-hall Inc.
۱۸. سمیر، ه. ۱۳۷۱. آشنایی با فیزیک بهداشت از دیدگاه پرتوشناسی، ترجمه: ابوکاظمی، محمد ابراهیم؛ سپهری، هوشنگ؛ بینش، علیرضا، مرکز نشر دانشگاهی.
۱۹. قنادی مراغه، م. ۱۳۷۵. رادیوشیمی و روش‌های تجزیه هسته‌ای، انتشارات سازمان انرژی اتمی ایران.
۲۰. مجموعه دروس عمومی حفاظت در برابر اشعه، ۱۳۷۹، امور حفاظت در برابر اشعه کشور، سازمان انرژی اتمی ایران.
21. CRC Handbook of Chemistry and Physics, D.R.Lide, H.P.R. Frederikse (Editors) CRC press, Boca Raton, 1995-1996, p.16-8.
22. EPA. 2006. Radiation information, <http://www.epa.gov/radiation/radionuclides/strontium.htm>
6. Baxter.M , Jensen.T.H. 1980. Uptake of Magnesium, Strontium.Barium and Manganese byPlectonema boryanum (Cyanophyceae) with Special Refrence to Polyphosphate Bodies, 104, 81-89.
7. Bonotto.S,Robbrecht.V,Nuyts.Gogneau.Mand Van der ben.D.1988. Uptake of Technetium by marine algae autoradiographic localization.Marine pollution bulletin, Vol.19, No.2, 61-65.
8. Chang JO-SHU, Law Robin, Chang Chung-Cheng.1997. Biosorption of lead, Copper and Cadmium by biomass of Pseudomonas aeruginosa PU21. Wat. Res. Vol.31, No.7, 1651-1658.
9. Ehrlich, H., Brierly, C. L. 1990. Microbial Mineral Recovery, Mc Graw-Hill pub.
10. Carvalho F.P, Fowler S.W. 1985. Americium adsorption on the surface of macrophytic algae. J. environ. radioactivity, 2, 311-317.
11. Fuhrmann M., Lasat M.M., Ebbs S. D., Kochian L. Cornish V.J. 2002. Uptake of Cesium-137 and Strontium-90 from Contaminated Soil by Three Plant Species; Application to Phytoremediation , Journal of Environmental Quality, 31, 904-909
12. Volesky, B. 1991, Biosorption of heavy metal, CRC press.

- ing, PWS pub.
27. Iwata Y, Suzuki M. 2000. Pixe application for measurement of bioaccumulation of lead by marine micro-algae. International journal of PIXE, Vol.10, 27-35.
28. Iwata Y. 2001. Pixe application for multi-element analysis of marine micro-algae and measurement of the concentration factor of zinc, Journal of Radioanalytical and Nuclear chemistry, 343-348.
29. Iwata Y, Satoh A, Sasaki Y, Ito R, Kurmachi K. 2005. Pixe analysis for bioaccumulation studies of trace elements, Journal of Radioanalytical and Nuclear chemistry, 295-301.
23. IAEA. 2004. Remediation of sites with dispersed radioactive contamination, technical reports series No.424, VIENNA.
24. Jalali-Rad R., Ghafourian H., Asef Y., Dalir S.T., Sahafipour M.H, Gharanjic B.M. 2004. Biosorption of cesium by native and chemically modified biomass of marine alga, introduce the new biosorbents for biotechnology applications, Journal of hazardous materials, B116, 125-124
25. Avery.S. V., Codd.G.A., Gadd.G.M. 1991. Caesium accumulation and interaction with other monovalent cations in the cyanobacterium *Synechocystis* PCC 6803, 137, 405-413
26. Reynolds, T. D., Richards P. A. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineer-



## مطالعه آزمایشگاهی حذف آرسنیک از آب آلوده توسط جلبک ماکروسکوپی «کارا»

یاسمن بابایی

کارشناس ارشد مهندسی عمران- محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

Email:yassamanbabaee@yahoo.com

فرشته قاسم زاده

دانشیار دانشکده علوم (گروه زیست شناسی)، دانشگاه فردوسی مشهد

محمدحسین ارباب زوار

استاد دانشکده علوم (گروه شیمی)، دانشگاه فردوسی مشهد

محمدرضا علوی مقدم

استادیار دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

تاریخ پذیرش: ۸۶/۲/۸۲۲

تاریخ دریافت: ۸۵/۶/۴

### چکیده

آرسنیک از مهمترین آلاینده های آب های سطحی و زیرزمینی است. در طی سال های اخیر استفاده از گیاهان در حذف آلاینده های مختلف از آب مورد توجه محققین قرار گرفته است. هدف از انجام این مطالعه بررسی امکان استفاده از جلبک «کارا» برای کاهش آرسنیک از آب سطحی منطقه چلیو کاشمر می باشد. به منظور سنجش توانایی این جلبک برای حذف آرسنیک از آب، از چهار راکتور با غلظت های اولیه ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میکروگرم در لیتر آرسنیک استفاده شد. در این تحقیق علاوه بر بررسی غلظت آرسنیک در آب و گیاه، تغییرات pH و وزن گیاه نیز در مدت زمان آزمایش مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج گرفته شده در طی ۱۹ روز حاکی از قابلیت بالای این گیاه برای حذف آرسنیک از آب می باشد. بالاترین درصد حذف آرسنیک (۷۵٪) در پایان آزمایش مربوط به غلظت اولیه ۵۰ میکروگرم بر لیتر بود. به موازات حذف آرسنیک از آب، غلظت این ماده در گیاه افزایش یافت، به گونه ای که غلظت آرسنیک در گیاه راکتوری که بالاترین غلظت اولیه آرسنیک در آن وجود داشت در پایان ۱۹ روز به ۶۲/۷ میلی گرم بر کیلوگرم گیاه خشک رسید.

**واژه های کلیدی:** جلبک ماکروسکوپی کارا، آرسنیک، گیاه پالایی، چلیوکاشمر

### مقدمه

۵۶ کیلومتری شمال کاشمر قرار دارد. منشا این آلودگی هوازدگی و تغییرات حاصل در کانی های حاوی آرسنیک (رالگار و اریپمنت) در منطقه می باشد (۹). مقدار آرسنیک اندازه گیری شده در آب بین ۳۷/۴ و ۳۷۶ میکروگرم در لیتر متغیر بوده است (۱۰) و این در حالی است که غلظت مجاز تعیین شد آرسنیک در آب آشامیدنی توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) ۱۰ میکروگرم در لیتر می باشد. با توجه به کمبود شدید منابع آب در منطقه، این آب در پاره ای موارد توسط روستاییان مورد استفاده قرار می گیرد. بنابراین لزوم به کارگیری روشی کارآمد، سازگار با محیط زیست و از لحاظ اقتصادی به صرفه برای رساندن آرسنیک به میزان مجاز آن در آب ضروری به نظر می رسد.

آب های آلوده به آرسنیک در بسیاری از کشورهای دنیا از جمله آرژانتین، بنگلادش، هند، مکزیک، تایلند و تایوان وجود دارند. غلظت آرسنیک در آب های زیرزمینی این مناطق از ۱۰۰ تا ۲۰۰۰ میکروگرم بر لیتر گزارش شده است (۱-۴). در کشور ما نیز در مناطقی از خراسان و کردستان آلودگی منابع آب به آرسنیک مشاهده شده است (۶، ۵). مطالعات انجام شده ارتباط مستقیم بین وجود آرسنیک در آب و بروز سرطان هایی چون سرطان مثانه، روده، پوست، کلیه و کبد را نشان می دهد (۸، ۷). آلودگی آب منطقه چلیو به آرسنیک در مطالعاتی که در سال های گذشته توسط محققین صورت گرفته، گزارش شده است. این منطقه در

روغن ها استفاده شده است. علاوه بر این، گیاهان از گسترش آلودگی به نقاط دیگر توسط باد، باران و آب های زیرزمینی جلوگیری می کنند (۱۲-۱۵). استفاده از گیاهان مختلف برای حذف آلودگی آب ها به آرسنیک توسط محققین مختلفی در سراسر جهان گزارش شده است (۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹ و ۲۰). در جدول ۱ نام بعضی از این گیاهان و مقدار آرسنیک جذب شده توسط آن ها آورده شده است.

هدف از انجام این تحقیق بررسی امکان استفاده از جلبک ماکروسکوپی «کارا» برای به حداقل رساندن مقدار آرسنیک در آب منطقه چلیو می باشد.

روش هایی که به طور معمول برای برطرف سازی آرسنیک از آب به کار می رود شامل تعویض یونی، اسمز معکوس، روش های استفاده از غشاهای ترسیب شیمیایی و... می باشد (۱۱)، ولی این روش ها غالباً پرهزینه بوده و قابلیت استفاده برای تصفیه مقادیر زیادی از آب به خصوص در مناطق روستایی را ندارد.

یکی از روش های نسبتاً جدید برای رفع آلودگی از آب و خاک گیاه پالایی (Phytoremediation) است. در این روش از گیاهان سبز به منظور پاکسازی آلاینده های محیط زیست استفاده می شود. از گونه های مختلف گیاهان برای پاکسازی آلودگی های فلزات سنگین و آلودگی های حاصل از ترکیبات آلی همچون حشره کش ها، مواد منفجره و

جدول ۱ - اسامی گیاهان مناسب برای حذف آرسنیک

مرجع	آرسنیک موجود در گیاه ( میلی گرم بر کیلوگرم گیاه خشک )	نام گیاه
۲۱	۳۴۷۰	Agrostistenuis
۱۸	۱۹۶۶/۴۸	Lemnagibba
۲۲	۱۰۰۰>	Pteriscretica
۱۷	۱۰۰۰>	Pteris longifolia
۱۷	۱۰۰۰>	Egeriadensa
۲۱	۱۰۰۰>	Ceratophyllum demersum
۲۳	۵۶۰	H.lanatus
۲۲	۴۴۰/۸	Chara
۲۳	۳۶۱	Pterisargyreae
۲۲	۲۸۲/۸	Hydrillaverticillata
۲۳	۲۴۶/۲	Pistia slratiotes (ریشه)
۱۶	۱۹۵	Colocasiaesculenta
۲۳	۱۴۴/۸	Eichhornia crassipes (ریشه)

#### مواد و روش ها

##### جلبک انتخابی

گیاه مورد استفاده در این تحقیق جلبک « کارا » است. جلبک کارا از گیاهان بومی منطقه می باشد و برای انجام آزمایش از مزایای ذیل برخوردار است:

۱) سازگاری و تطبیق با آب و هوای منطقه (۲) توانایی تحمل آرسنیک (۳) رشد سریع و ایجاد زی توده گیاهی انبوه (۴) عدم ایجاد رنگ، طعم و بو در آب و (۵) برخورداری از فیزیولوژی مناسب برای انجام آزمایش.

در شکل ۱ تصویری از این جلبک (تصویر میکروسکوپی) مشاهده می شود.

##### آماده سازی راکتور های آزمایش

برای انجام این تحقیق از ۵ راکتور شیشه ای استفاده شد (شکل ۲). برای مشابه سازی کامل شرایط محیط در راکتور های آزمایش، رسوبات، آب و گیاه مورد استفاده در راکتور ها از یک منطقه غیر آلوده به آزمایشگاه انتقال داده شد. در شروع این تحقیق ۶۰ گرم گیاه (براساس وزن خیس) درون هر راکتور قرار داده شد (جلبک کارا قادر است توسط زوایدی در رسوب ثابت شود).

درون هر راکتور ۱۴ لیتر آب ریخته شد و شرایط نور طبیعی



### آنالیز نمونه های آب و گیاه

تعیین میزان آرسنیک در گیاه بر اساس روش به کار برده شده توسط زوار انجام یافته است [۲۴]. در این روش برای آماده سازی نمونه های جلبک، ابتدا نمونه ها به خوبی با آب مقطر شسته شده و سپس به مدت ۲۴ ساعت در آن (درجه حرارت  $110^{\circ}C$ ) قرار گرفتند. در مرحله بعد مقدار ۱۰ CC اسید نیتریک به نمونه های ۱ گرمی گیاه خشک افزوده شد و نمونه ها پس از ۲۴ ساعت به منظور تبخیر اسید نیتریک حرارت داده شدند. سپس با افزودن ۱۰ CC اسید نیتریک و ۱۰ CC اسید سولفوریک به نمونه ها و ۲۴ ساعت باقی ماندن در این حالت، نمونه ها بار دیگر به مدت ۱ ساعت بین  $60^{\circ}C$  تا  $70^{\circ}C$  حرارت دیده و صاف شدند. در نهایت، مقدار آرسنیک محلول صاف شده توسط دستگاه جذب اتمی (Shimadzu model AA-670G) اندازه گیری شد. مقدار آرسنیک موجود در آب نیز پس از صاف شدن نمونه ها توسط همین دستگاه اندازه گیری شد.

### بحث و نتایج

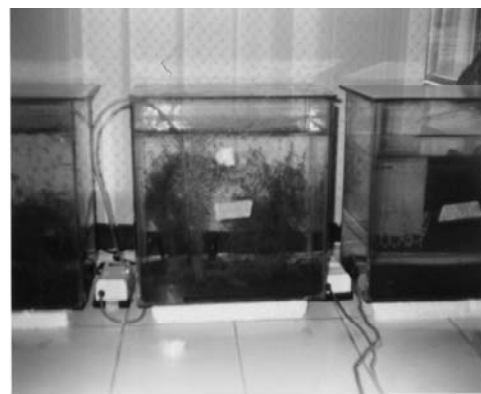
#### تغییرات غلظت آرسنیک در آب

نتایج حاصل از آنالیز آب در روز ۱۲ و ۱۹ آزمایش در جدول ۲ ارایه شده است. بر اساس اعداد مندرج در این جدول مشاهده می شود که با افزایش مدت زمان آزمایش غلظت آرسنیک در راکتورها کاهش قابل توجهی می یابد (  $p < 0.05$  ،  $r < 0.93$ ). در شکل ۳ در صد حذف آرسنیک در روز ۱۲ و ۱۹ در راکتورهای آزمایش نسبت به روز اول آورده شده است. همان گونه که مشاهده می شود، بالاترین درصد حذف آرسنیک مربوط به راکتور R۱ در روز ۱۹ آزمایش یعنی ۷۵٪ است و هرچه بر غلظت اولیه آرسنیک در راکتور افزوده می شود میزان درصد حذف آن کاهش می یابد، به طوری که کمترین درصد حذف مربوط به راکتور R۴ یعنی ۵۶٪ می باشد.

(مطابق با محل زیست جلبک ها) در آزمایشگاه فراهم گردید. جلبک های درون راکتورها به مدت ۷ روز با شرایط محیطی سازگار شدند. با توجه به غالب بودن آرسنیک پنج ظرفیتی در آب های سطحی و آب منطقه، آرسنیک به فرم  $Na_2HASO_4 \cdot 7H_2O$  در غلظت های مختلف به راکتورها اضافه شد، به طوری که غلظت آرسنیک در راکتورهای شماره ۱ تا ۴ به ترتیب به ۳۰۰، ۲۰۰، ۱۰۰، ۵۰ میکروگرم بر لیتر برسد. علاوه بر چهار راکتور فوق، یک راکتور نیز به عنوان شاهد (کنترل) در نظر گرفته شد که در آن آب بدون آرسنیک (با هدف مقایسه رشد گیاه در دوره آزمایش) ریخته شد. به منظور اطمینان از کافی بودن اکسیژن، راکتورها توسط پمپ های کوچک در تمام مدت شبانه روز هوادهی شدند. همچنین برای جبران مقدار آب تبخیر شده روزانه مقداری آب مقطر به راکتور ها اضافه می شد. این آزمایشات ۱۹ روز به طول انجامید و غلظت آرسنیک در آب و گیاه و pH در روز دوازدهم و نوزدهم (در سه تکرار) اندازه گیری شد. همچنین برای مقایسه میزان رشد گیاه در محیط های یاد شده، وزن خشک و تر گیاه نیز در ابتدا و انتهای آزمایش تعیین شد.



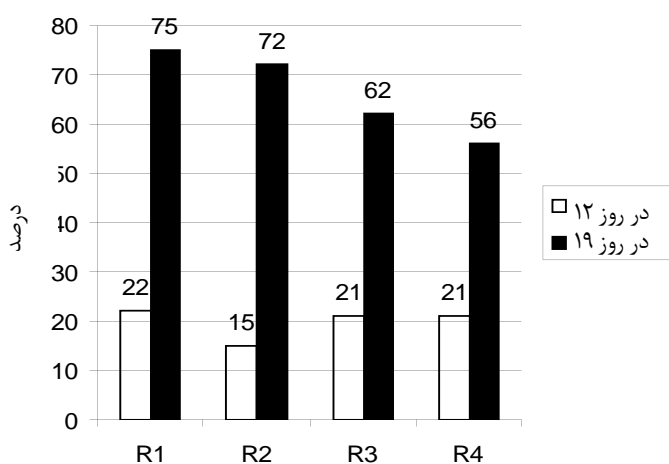
شکل ۱- تصویر میکروسکوپی جلبک کارا



شکل ۲- راکتور آزمایش

جدول ۲- تغییرات غلظت آرسنیک در آب و گیاه

راکتور	غلظت آرسنیک در آب (ppb)		غلظت آرسنیک در گیاه (mg/kg گیاه خشک)	
	روز ۰	روز ۱۲	روز ۱۲	روز ۱۹
R <sub>1</sub>	۵۰	۳۹/۰۱ ± ۱/۹۳	۱۰/۳۳ ± ۱/۰۹	۱/۵۷ ± ۲۲/۳
R <sub>2</sub>	۱۰۰	۸۴/۹ ± ۳/۱۲	۱۹/۴۸ ± ۱/۲۷	۱/۰۳ ± ۳۵/۷
R <sub>3</sub>	۲۰۰	۱۵۷/۵۳ ± ۱/۱۱	۲۸/۸۷ ± ۱/۷۳	۱/۱۴ ± ۵۴/۸۱
R <sub>4</sub>	۳۰۰	۲۳۶/۵ ± ۲/۲۹	۳۴/۳۸ ± ۱/۱۷	۰/۶۸ ± ۶۲/۷



شکل ۳- در صد کاهش غلظت آرسنیک در راکتورهای مختلف در طی زمان

## تغییرات غلظت آرسنیک در گیاه

نتایج حاصل از آنالیز آرسنیک موجود در جلبک استفاده شده در روز ۱۲ و ۱۹ آزمایش در جدول ۲ و شکل ۴ آورده شده است. با افزایش مدت زمان آزمایش بر غلظت آرسنیک جلبک موجود در راکتورهای آزمایش افزوده می شود (  $t=0/99$  ،  $p < 0/05$  ). همان گونه که در شکل ۴ مشاهده می شود، هرچه بر غلظت اولیه آرسنیک در آب راکتورهای آزمایش افزوده می شود، افزایش غلظت آرسنیک در گیاهان درون راکتورها شدید تر بالا می رود به طوری که بالاترین غلظت آرسنیک در گیاه راکتور R<sub>4</sub>، ۶۲/۷ میلی گرم بر کیلوگرم گیاه خشک، در پایان آزمایش و کمترین غلظت در گیاه راکتور R<sub>1</sub>، ۲۲/۳ میلی گرم بر کیلوگرم گیاه خشک دیده می شود. البته باید خاطر نشان ساخت که این گیاه قابلیت جذب مقادیر بسیار بالاتری از آرسنیک را نیز دارد.

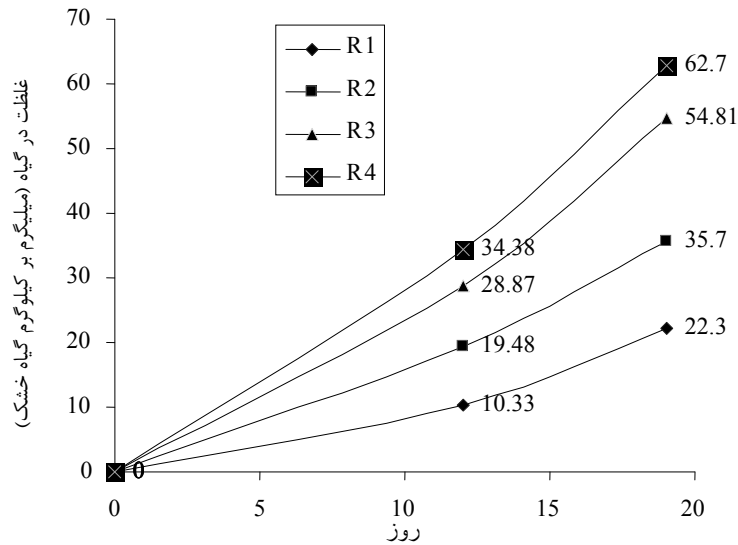
نتایج حاصل از تحقیقات سایر محققین نشان دهنده است که این گیاه به میزان  $44/8 \pm 2/2$  میلی گرم بر کیلوگرم گیاه خشک، آرسنیک را جذب می کند [۲۳]. ولی در این تحقیق با توجه به محدودیت شرایط آزمایشی، گرم شدن هوا

و احتمال از بین رفتن گیاه، امکان ادامه آزمایش و رسیدن به غلظت های بالاتر وجود نداشت .

نکته قابل توجه این است که آرسنیک عنصری ضروری برای گیاهان نیست ولی ساختمان آن شبیه به ساختمان فسفر می باشد. فسفر یک ماده مغذی برای رشد گیاهان است. گزارش شده است که آرسنیک و فسفر به عنوان ماده غذایی برای بعضی گیاهان رقابت می کنند ولی تمایل برای جذب فسفات بیشتر از تمایل برای جذب آرسنات می باشد. در صورت عدم دسترسی به فسفر گیاهان آرسنیک را جذب می کنند (۱۷، ۱۶ و ۱۸) .

## تغییرات وزن گیاه در طول مدت آزمایش

یکی از پارامترهای مهم در فرایند گیاه پالایی، میزان رشد گیاه مورد نظر در غلظت های مختلف آلاینده می باشد. در این تحقیق وزن گیاه در پایان آزمایش به عنوان شاخصی از رشد اندازه گیری شد. مطابق جدول ۳ با گذشت زمان گیاهان رشد کرده و بر وزن آن ها افزوده می شود (  $t > 0/9$  ،  $p < 0/05$  ) . بیشترین افزایش وزن در راکتور کنترل (آب فاقد آرسنیک) یعنی ۲۲٪



شکل ۴- غلظت آرسنیک در گیاهان درون راکتورهای آزمایش

گیاه افزایش می یابد تا جایی که مکانیزم کنترلی جذب بر اثر افزایش غلظت ناگهانی آرسنیک در گیاه از بین می رود و گیاه نشانه هایی از مسمومیت با آرسنیک را نشان می دهد و این باعث کاهش زی توده گیاهی تولید شده می شود [۱۸].

و کمترین درصد افزایش در راکتور R4 ( ۴/۷٪) به دست آمد. بنابراین آرسنیک به عنوان عاملی بازدارنده برای رشد این گیاه عمل می کند. در تحقیقات سایر محققین بیان شده است که در گیاهانی که قادر به جذب آرسنیک از آب می باشند به موازات حذف آرسنیک از آب، غلظت در

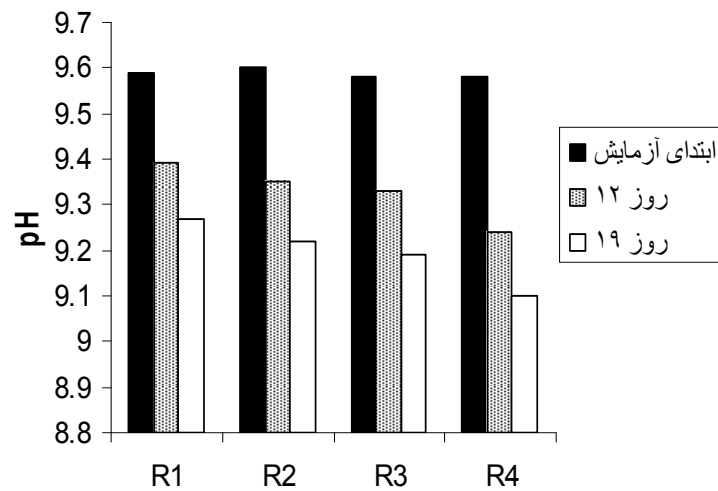
جدول ۳- تغییرات وزن گیاه در دوره آزمایش

راکتور	وزن در ابتدای آزمایش ( گرم گیاه تازه )	وزن در انتهای آزمایش ( گرم گیاه تازه )	درصد افزایش وزن
کنترل	۶۰	$73/2 \pm 0/68$	٪۲۲
R <sub>1</sub>	۶۰	$71/38 \pm 0/47$	٪۱۹
R <sub>2</sub>	۶۰	$66/84 \pm 0/63$	٪۱۱/۴
R <sub>3</sub>	۶۰	$63/43 \pm 0/33$	٪۵/۷
R <sub>4</sub>	۶۰	$62/81 \pm 0/64$	٪۴/۷

غالب است [۱۶]. همان طور که در شکل (۵) دیده می شود، pH راکتورها به مرور و اندک اندک کاهش پیدا می کند و کاهش بیشتر pH در غلظت های اولیه بالاتر آرسنیک مشاهده می شود. باید خاطر نشان ساخت که جلبک مورد استفاده در این آزمایش در آب های قلیایی زندگی می کند و با کاهش pH محیط نمی توان جذب آرسنیک توسط گیاه را افزایش داد چرا که این عمل باعث از بین رفتن جلبک کارا می شود.

#### تغییرات pH راکتورها

تغییرات pH ممکن است بر قابلیت جذب آرسنیک توسط گیاه تاثیر بگذارد. در محیط اسیدی ( $pH < 4$ ) تحرک آرسنیک افزایش یافته و کاهش pH باعث افزایش امکان جذب آرسنیک توسط گیاه می شود. طبق تحقیقات انجام شده در pH حدود ۵ بالاترین میزان جذب آرسنیک توسط گیاه دیده می شود زیرا در این pH،  $H_2AsO_4^-$  غالب ترین آنیون موجود می باشد. با افزایش pH تا حدود ۸ جذب آرسنیک کاهش می یابد زیرا در این حالت آنیون  $HSO_4^{2-}$



شکل ۵- تغییرات pH در راکتورهای آزمایش

### نتیجه گیری

همان طور که از نتایج این تحقیق مشخص است جلبک «کارا» به خوبی آرسنیک را از آب آلوده جذب می کند و قابلیت استفاده در عملیات گیاه پالایی به منظور رفع آلودگی آرسنیک از آب را دارد. در این آزمایش بالاترین درصد جذب آرسنیک (۷۵٪) در راکتوری با غلظت اولیه ۵۰ میکروگرم بر لیتر مشاهده شد. به موازات حذف آرسنیک از آب، غلظت در گیاه افزایش یافت و بالاترین آن (۶۲/۷ میلی گرم بر کیلوگرم گیاه خشک)، در گیاه راکتوری که بالاترین غلظت اولیه آرسنیک (۳۰۰ میکروگرم بر لیتر) در آن وجود داشت، دیده شد. با توجه به جذب آرسنیک توسط جلبک کارا و بومی بودن این گیاه در منطقه مورد مطالعه می توان از این گیاه در استخرهای ساخته شده جهت جذب آرسنیک از آب آلوده استفاده کرد. به علاوه به دلیل قرارگیری در محیط طبیعی محدودیتی برای رشد گیاه وجود ندارد. بنابراین در غلظت های بالاتر آرسنیک کارایی گیاه با زی توده بیشتر زیادتر بوده و این امکان فراهم می شود که میزان آرسنیک به حد مجاز برسد و از نظر سلامتی، برای مردم منطقه آب قابل استفاده باشد.

### منابع

- Feroze Ahmed, M. "An Overview of Arsenic Removal Technologies in Bangladesh and India", <http://www.unu.edu/env/Arsenic/Ahmed.pdf>, Access Date June 2005.
- Smedley, P.L. and Kinniburgh, D.G., (2001), "A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters", *Applied Geochemistry*, 17, 517-568.
- Alam, M.B. and Sattar, M.A., (2000), "Assessment of arsenic contamination in soils and waters in some areas of Bangladesh", *Water Science and Technology* Vol 42 No7-8, 185-193
- مسافری، م. (۱۳۸۴)، « بررسی عوارض بهداشتی ناشی از آرسنیک در آب استان کردستان و روش های حذف آن از آب آشامیدنی »، پایان نامه دکتری در رشته بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران، دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی گروه مهندسی بهداشت محیط.
- قاسم زاده، ف و زوار، م. ح. «آلودگی آنتیمونی و آرسنیک در آب های سطحی چلیو در منطقه کوه سرخ کاشمر (استان

- Jiang, J.Q. (2001), "Removing arsenic from groundwater for the developing word - a review", *Water Science and Technology*, Vol.44 No. 6. 89-98.

- 49: 643 – 668.
14. Schnoor. J. L ,(2002), “ Phytoremediation of soil and ground water “,Technology Evaluation Report , TE-02-01 , www.gwrtac.org
15. Vara Prasad. M. N,Oliveira Freitas . H. M, (2003), “Metal hyperaccumulation in plants – Biodiversity prospecting for phytoremediation technology “ , Electronic Journal of Biotechnology, Vol.6, No.3.
16. Akson, E. and Visoottiviseth, P. (2004), «Selection of suitable emergent plants for removal of Arsenic from Arsenic contaminated water « , Science Asia, 30, 105-113.
17. Robinson, B. and Duwig, C. and Bolan, N. and Kannathasan, M. and Saravanan, A. (2003), «Uptake of arsenic by Newzealand watercress ( Lepidium sativum ) « , The science of the total Environment, 301, 67-73.
18. Mkandavire, M. and Dude, E.G.(2005), « Accumulation of arsenic in Lemna gibba L. (duckweed) in tailing waters of two abandoned uranium mining sites in Saxony, Germany « , The science of the total Environment, 336, 81-89.
19. Mkandawire, M. and Yelena,V.L. and Kosterin, P.L and Dude, E.G. (2004), « Toxicity of Arsenic species on Lemna gibba L. and the Influence of Phosphate on Arsenic Bioavailability « , Environmental toxicology, V.19(1),26-34.
20. Stoeppler, M. and Burow, M. and Backhaus, F. خراسان) و راهکارهای پالایش آن « مجله علوم دانشگاه تهران (در دست چاپ)
۷. E. Eisler, R. (۲۰۰۰), « Handbook of chemical risk assessment / Arsenic (chapter ۲۸) « , Vol ۳: ۱۵۰۱-۱۵۶۶
۸. سازمان بهداشت جهانی ، « رهنمودهای کیفیت آب آشامیدنی « ترجمه نبی زاده نودهی، ر. وفایزی رازی، د. چاپ اول، زمستان ۷۵ .
۹. مظلومی، ع. (۱۳۷۱) ، « مطالعه زمین شناسی و ژئوشیمی نواحی طلادارکوهسرخ در شمال کاشمر» پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه شهید بهشتی
10. Ghassemzadeh,F. and Arbab-Zavar,M.H. and Hosein, M. and Geoffrey,M. (in print), « Arsenic and Antimony in Drinking water in Khohsorkh Area, Northeast Iran Possible Risks for the public Health « , Accepted in Pakistan Biological Journal.
11. EPA 816-R-03-014. (2003), “Arsenic Treatment Technology Evaluation Handbook for small Systems “ , <http://www.Epa.gov/safewater>.
12. Macek. T, Francova. K, Kochankova . L, Lovecka. P, Ryslava. E, Rezek. J, Sura. M, Triska. J, Demnerova . K, Mackova. M , (2004) , “ Phytoremediation : Biological Cleaning of a Polluted Environment” , Review on Environmental Health, Volume19 , No.1
13. Salt .D. E, Smith. R. D, Raskin. I, (1998), “PHYTOREMEDIATION “ , Annu. Rev. Plant. MOL. Biol.

23. Lee, C.K. and Low, K.S. And Hew, N.S.(1991), « Accumulation of arsenic by aquatic plants », The science of the total Environment, 103, 215-227.
24. Arbab Zavar, M.H. (1982), «Arsenic in environment », PhD thesis, University of Southampton, England
21. Meharg, A.A. and Whitaker, J.H. (2002), «Arsenic uptake and metabolism in arsenic resistant and nonresistant plant species », New phytologist, 154, 29-43.
22. Meharg, A.A. (2003), « Variation in arsenic accumulation in ferns and their allies », New phytologist, 157,31-35
- and Schramm, W. and Wolfgan, H. (1986), «Arsenic in seawater and brown algae of the Baltic and the North sea », Marine Chemistry, 18, 321-334.

## بررسی اثرات زیست محیطی آبی پروری در ایران

رضا ارجمندی

استادیار دانشکده محیط زیست و انرژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

عبدالرضا کرباسی

عضو هیات علمی دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

رکسانا موگویی

دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده محیط زیست و انرژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

(عهده دار مکاتبات)

تاریخ دریافت: ۸۵/۷/۱۵

تاریخ پذیرش: ۸۵/۱۰/۱

### چکیده

این مقاله به بررسی اثرات زیست محیطی آبی پروری در ایران می پردازد. در استفاده از آب به عنوان منبع تولید، توجه به دو اکوسیستم شکننده مانگرو و تپه های مرجانی ضروری است. در ایران ۷۰٪ بارش سالیانه از دسترس خارج و عدم استفاده کارا از ظرفیت باقی مانده نیز هزینه های زیست محیطی در بر دارد. در این پژوهش ظرفیت های توسعه، کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب با تاکید بر گونه پرورشی سردابی رایج در ایران ( قزل آلا) بررسی شده و اهمیت آبی پروری در ایجاد امنیت غذایی برای رشد جمعیت، افزایش اشتغال و افزایش تولید ناخالص ملی تبیین می شود. سپس راهکارهای توسعه پایدار آبی پروری مثل استفاده از فن آوری زیستی و روش های تلفیقی کشاورزی- آبی پروری مطرح گردیده و مدیریت تغذیه به عنوان عامل کاهش اثرات زیست محیطی معرفی و آلودگی سیال خروجی از استخرهای پرورش ماهی بررسی می شود. تصفیه سیال خروجی با استخرهای ته نشینی و هوادهی باکمپرسورهای هواده و سپس استفاده از استخرهای نهایی به عنوان راهکار کاهش اثرات سوء آبی پروری در محیط زیست تشریح می شود.

**واژه های کلیدی:** آبی پروری، زیست محیطی، میانگین رشد، مانگرو، تپه های مرجانی.

### مقدمه

در سازمان برنامه و بودجه، نهاد مربوطه تاسیس و بین سال های ۴۴ تا ۴۶، ۱۵ میلیون تخم چشم زده قزل آلا رنگین کمان وارد، تفریح و منجر به تولید و رهاسازی ۳ میلیون قطعه بچه ماهی قزل آلا به رودخانه ها و دریاچه های پشت سد ها گردید. طی همین سال ها تعدادی ماهی مولد قزل آلای خال قرمز ( بومی رودخانه های کرج، جاجرود و لار) به خصوص از رودخانه کرج صید و پس از تکثیر مصنوعی، بچه ماهیان تولیدی، به رودخانه های مناسب رها شدند. از سال ۱۳۴۴ بنا به تصمیم ایستگاه علمی ماهی شناسی فعالیت در زمینه تکثیر، پرورش، تغذیه و بیماری های ماهی آزاد و قزل آلا، ماهیان گرمابی، بومی، وارداتی و ماهیان زینتی آغاز و از سال ۱۳۶۸ وارد عرصه جدیدی از فعالیت ها شده است (۱).

آبی پروری در دو دهه اخیر بیشترین رشد را بین سایر بخش های تولید غذا نشان می دهد. بر اساس گزارش سازمان خوار و بار جهانی بین ۷۰ سیستم پرورشی، تنها منبعی است که بیشترین انگیزش را برای فقرزدایی دارد. از سوی دیگر فشار بر ذخایر دریایی و صید آبیان برای تامین غذا، گونه های فراوان دریایی را در معرض فشار و انقراض قرار داده است. توسعه آبی پروری علاوه بر تامین امنیت غذایی، در حفظ اکوسیستم های دریایی بسیار موثر است. در ایران بر اساس اسناد و مدارک موجود تا قبل از سال ۱۳۴۰ هیچ فعالیتی در زمینه تولید و پرورش ماهیان سردابی گزارش نشده است. در سال ۱۳۴۱ هم زمان با تصویب طرح ماهی دار کردن رودخانه ها و دریاچه های داخلی ایران

## روش تحقیق

در این تحقیق از روش مطالعات کتابخانه ای با استفاده از منابع داخلی و خارجی، اطلاعات مربوط به آبی پروری جمع آوری شد. در تابستان ۱۳۸۵ بخش عمده اطلاعات از سازمان شیلات ایران اخذ و سپس با مطالعات میدانی در چند استخر پرورش قزل آلا در استان لرستان برخی از پارامترهای اساسی پرورش از قبیل دمای آب و نوع تغذیه آبیان بررسی شد. سپس اطلاعات مربوط به روند پیشرفت آبی پروری در نقاط مختلف جهان جمع آوری و تجزیه و تحلیل گردید. ضرورت توسعه این بخش در ایجاد امنیت غذایی و استفاده پایدار از منابع با استفاده از آمار و ارقام و رسم نمودارها بیان و روش های کاهش اثرات ناسازگار و کنترل آلودگی های زیست محیطی ارائه گردید.

## عوامل تولید در آبی پروری

در بررسی زیست محیطی منابع مورد استفاده در آبی پروری در محیط زیست دریایی ایران می توان به دو اکوسیستم شکننده مانگرو و تپه های مرجانی اشاره نمود. این اکوسیستم های آبی شکننده اهمیت طبیعی زیادی داشته و از چند طریق در سلامتی ناحیه ساحلی نقش اساسی دارند. تولید و چرخه مواد غذایی، ایجاد سطوح وابستگی برای ارگانسیم های دریایی، ایجاد بستر مناسب برای تخم گذاری ماهی ها، سخت پوستان و حلزون ها، ایجاد پناهگاه بین ریشه و شاخه های درختان مانگرو از نقش های مهم زیست محیطی این اکوسیستم ها است. سلامت جنگل های مانگرو برای انسان ها از نظر ماهیگیری تفریحی و تجاری و نیمه تجاری اهمیت دارد. حفاظت از خسارات ناشی از امواج و جریان های دریایی، پیشگیری از فرسایش و پایداری خط ساحلی با استفاده از سیستم ریشه ای خاص، از آثار زیست محیطی برجسته این جنگل ها است. تغییر در الگوهای کاربری با اثرات بلند مدت بر منابع همراه است. تبدیل جنگل های مانگرو به حوضچه های پرورشی در کاربری های دیگر سواحل از قبیل ماهیگیری اثرگذار بوده و تغییر در عادات طبیعی باعث تغییر در تنوع زیستی حیات آبی وابسته به مانگروها می شود. این تغییرات

اکولوژیکی می تواند منشا تغییرات اقتصادی اجتماعی باشد. تجمع مواد غذایی در زیر قفس های آبی پروری آثار منفی زیست محیطی به وجود می آورد. سیال خروجی از محل های آبی پروری، همراه زایدات سوخت و ساز، مواد غذایی مصرف نشده، پاتوژن ها و حتی گونه های گیاهی خودرو، در طبیعت شیمیایی و زیستی اکوسیستم ها تغییر ایجاد می کند. عملیات ساختمانی ایجاد حوضچه های پرورش ماهی در محیط زیست محلی تاثیر گذار است. بنابراین نیازمند ارزیابی اثرات زیست محیطی<sup>۱</sup> و پایش تغییرات اکوسیستم های آبی است (۲). در ایران تا شعاع ۱۵ کیلو متری از جنگل های مانگرو تاسیس مزارع پرورش ماهی مجاز نیست. استقرار این مزارع در نزدیکی تپه های مرجانی نیز ممنوع است.

## آب: ( ظرفیت های توسعه در ایران )

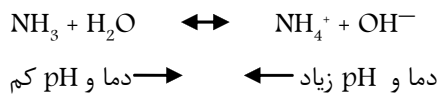
میزان بارش سالانه در ایران حدود ۴۰۰ میلیارد متر مکعب برآورد شده است که نزدیک به ۲۸۰ میلیارد متر مکعب آن یعنی ۷۰٪ به صورت تبخیر و تعرق از دسترس خارج می شود. نزدیک به ۲۵٪ از امکانات موجود آبی از طریق سدها مهار و کنترل می شود (۳). پارامترهای قابل بررسی در آب شیرین مناسب تکثیر و پرورش قزل آلا رنگین کمان عبارتند از:

**دما:** دمای بهینه برای رشد، ۱۵ درجه سانتی گراد و حد نهایی تحمل دما ۲۵/۷ درجه سانتی گراد است. ماهیان در دمای بالاتر از آن دچار مرگ و میر می شوند. دراستخرهای پرورشی بررسی شده در استان لرستان دمای آب در تابستان ۱۳ درجه سانتی گراد است. منبع آب مورد استفاده این استخرها چشمه می باشد.

**اکسیژن محلول:** نرخ مصرف اکسیژن ماهی بسته به گونه در محدوده ۲۰۰-۵۰۰ mg O<sub>2</sub>/kg/h قرار دارد. غلظت اکسیژن نباید از ۷۰٪ اشباع کمتر باشد. حداقل OD برای پرورش ماهیان سردآبی ۶ میلی گرم در لیتر در دمای بهینه رشد است. برای قزل آلا رنگین کمان از غلظت ۳ میلی گرم در لیتر مرگ و میر آغاز می شود (۴).



آمونیاکی<sup>۱</sup> اندازه گیری می شود، که شامل دو نوع آمونیاک است. آمونیاک یونیزه نشده<sup>۲</sup> (NH<sub>۳</sub>) و یون آمونیوم (NH<sub>۴</sub><sup>+</sup>) آمونیاک یونیزه نشده برای آبیان سمی است.



دما و pH آب بر نسبت NH<sub>۴</sub><sup>+</sup> تاثیر گذار است. در دما و pH کم واکنش ۱ از سمت چپ به راست پیش می رود و درصد فرم سمی آمونیاک (NH<sub>۳</sub>) کم می شود.

pH: محدوده ای بین ۵/۸ - ۶/۵ و در طلوع آفتاب به طور معمول بین ۸ - ۷ است. این در شرایطی است که آب تحت تاثیر آلاینده ها نباشد. تغییرات ناگهانی pH باعث مرگ و میر ماهیان می شود (معادل ۱/۷ واحد).

**محلول آمونیاک:** منبع اصلی آمونیاک در آب سیستم های پرورش ماهی یا آب خروجی استخرها، مدفوع ماهی است. آمونیاک توسط جانوران در متابولیسم پروتئین تولید می شود. توسط تجزیه شیمیایی (روش نسلر) کل نیتروژن

جدول ۱- درصد NH<sub>۳</sub> به عنوان تابعی از pH و دما (۵)

دما (°C)	pH				
	۶	۷	۸	۹	۱۰
۱۰	۰/۰۱۸۶	۰/۱۸۶	۱/۸۳	۱۵/۷	۶۵/۱
۱۵	۰/۰۲۷۴	۰/۲۷۳	۲/۶۶	۲۱/۵	۷۳/۲
۲۰	۰/۰۳۹۷	۰/۳۹۶	۳/۸۲	۲۸/۴	۷۹/۹
۲۵	۰/۰۵۶۸	۰/۵۶۶	۵/۳۸	۳۶/۳	۸۵/۰
۳۰	۰/۰۸۰۵	۰/۷۹۹	۷/۴۵	۴۴/۶	۸۹/۰

BOD<sub>۵</sub>: ۱/۳ میلی گرم در لیتر

COD: ۱۰ میلی گرم در لیتر

قلیائیت (CaCO<sub>۳</sub>): ۱۸۱ میلی گرم در لیتر

هدایت الکتریکی: ۴۳۲

نیتريت (NO<sub>۲</sub>): کمتر از ۰/۵۵ میلی گرم در لیتر

آمونیاک (NH<sub>۳</sub>): کمتر از ۰/۰۳ میلی گرم در لیتر به طور ثابت

و کمتر از ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر به طور متناوب

آمونیم (NH<sub>۴</sub><sup>+</sup>): ۱۲۵ میلی گرم در لیتر

SH<sub>۲</sub> (سولفید تیدرژن): کمتر از ۰/۰۰۲ میلی گرم در لیتر

کلر: کمتر از ۰/۳ میلی گرم در لیتر

مواد معلق: کمتر از ۲۰ میلی گرم در لیتر جهت بچه ماهیان

و کمتر از ۶ میلی گرم در لیتر جهت تخم در انکوباسیون

فسفر (P): ۱/۰ میلی گرم در لیتر

منیزیم: ۲۰ میلی گرم در لیتر

آهن: ۰/۱ میلی گرم در لیتر

مس: ۰/۶ میلی گرم در لیتر در آب های سخت و ۰/۰۰۶

میلی گرم در لیتر در آب های سبک

سولفات: ۰/۳ میلی گرم در لیتر

سمیت ناشی از TAN در pH و دمای بالا بیشتر است. این شرایط در نیمه تابستان در استخرهایی با تراکم زیاد مشاهده می شود. احتمال شکوفایی جلبکی نیز وجود دارد. در نیمه بعد از ظهر مقدار pH نزدیک ۹ می رسد. اگر مقدار TAN برابر ۴، دما معادل ۳۰ درجه سانتی گراد و pH معادل ۹ فرض شود، با توجه به جدول، آمونیاک یونیزه نشده ۴۴/۶٪ از کل (۴ میلی گرم در لیتر) و معادل ۱/۷ میلی گرم در لیتر خواهد بود. برای آزادماهیان غلظت آمونیاک یونیزه نشده نباید فراتر از محدوده ۰/۰۲ - ۰/۱۲۵ میلی گرم در لیتر شود. غلظت سمی آمونیاک یونیزه نشده برای قزل آلاهی رنگین کمان حدود ۰/۳۲ میلی گرم در لیتر است.

**سختی آب:** غلظت های سختی برای جانداران آبی مهم و وجود کلسیم و منیزیم برای تشکیل استخوان و فلس ماهی ضروری است. اساسی ترین جزء سختی کل، غلظت کلسیم است. کلسیم محیطی برای تنظیمات اسمزی بسیار ضروری است. محدوده مطلوب آن ۷۵ تا ۲۵۰ میلی گرم در لیتر و غلظت حد اقل آن ۲۰ میلی گرم در لیتر است (۶).  
CO<sub>۳</sub>: غلظت مناسب ۲ میلی گرم در لیتر

1- TAN: Total Ammonia Nitrogen  
2- UJA: Unionized Ammonia

جیوه: کمتر از ۰/۱ میلی گرم در لیتر

روی: کمتر از ۰/۱ میلی گرم در لیتر

کادمیوم: کمتر از ۰/۱ میلی گرم در لیتر

نیروی کار و وضعیت اشتغال: در سال ۱۳۸۳ تعداد ۸۰۰

نیروی کار در بخش ماهیان زینتی فعالیت داشته اند(۷).

تعداد شاغلین و پرورش دهندگان در سال های ۱۳۸۳-

۱۳۷۴ در ایران به شرح جدول ۲ است

جدول ۲- تعداد پرورش دهندگان و صیادان شاغل در منابع آبی در ایران(۸) ارقام: نفر

شرح	۱۳۷۴	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲
تعداد پرورش دهندگان و صیادان در منابع آبی	۱۱۰۰۴	۱۱۶۳۰	۱۰۲۵۰	۱۶۶۶۱	۱۹۸۷۲	۲۳۵۸۱	۲۰۱۵۰	۲۰۲۴۰	۱۷۰۹۵

با توجه به جدول ۲ بیشترین رشد سالانه اشتغال با رقمی معادل ۶۲/۵٪ در سال ۱۳۷۷ و کمترین رشد سالانه در سال ۱۳۸۲ با ۱۵/۵٪ - مشاهده می شود. میانگین رشد سالانه اشتغال در فاصله سال های ۸۲ - ۷۴ ، ۸/۰۹٪ است.

**مواد غذایی مورد نیاز و غذا دهی:** مدیریت تغذیه مهمترین عامل در بهینه سازی استفاده منابع در آبی پروری است و اثرات ناسازگار زیست محیطی را به حداقل می رساند.

منابع، هزینه های تغذیه و ترکیبات مواد غذایی در کارایی اقتصادی سیستم تولید موثر است. در فرایند آبی پروری، سهولت دسترسی و اقتصادی بودن استفاده از غذای آبزیان از عوامل مهم تولید است. نهاده های سهم تاثیرگذار که غذا مهمترین آن هاست (بیش از ۵۰٪ از هزینه های تولید به غذا اختصاص می یابد)، در داخل کشور تولید می شود و صنایع مرتبط به آن داخلی است. پیش بینی می شود تا پایان برنامه چهارم بیش از ۱۲۰۰۰۰ تن خوراک انواع آبزیان در داخل مورد مصرف قرار گیرد و امکان صادرات آن نیز فراهم آید. (۹). کاربرد فن آوری زیستی در آبی پروری بر افزایش نرخ رشد، افزایش مقاومت در برابر بیماری ها، تولید ذخایر نازا و افزایش بردباری فیزیکی محدوده های زیست محیطی، تاکید دارد.

ارزیابی های مربوط به ایمنی از قبیل ارزیابی ریسک قبل از تولید گونه های جدید و یا غیر بومی یا محصولات مدرن فن آوری زیستی ضروری است. تولید ذخایری که نسبت به برخی عوامل بیماری زا مصون هستند و یا نسبت به عوامل بیماری زای ویژه ای مقاوم هستند، در کنترل

بیماری ها موثر است(۱۰). از فن آوری زیستی در کشف و ایزولاسیون ویروس ها و باکتری ها ی مولد بیماری برخی گونه ها استفاده می کنند. وضع استانداردهای ارزیابی کیفی وضعیت سلامت گونه های مورد پرورش از راهکارهای اساسی مدیریت بیماری ها در آبی پروری است.

باکشتاب ورزی می توان تازه ترین ماهی را در همه نقاط کشور عرضه گردد. در مواردی از قبیل برداشت خاک در مصارف جاده سازی یا ساختمانی و ایجاد استخر های آب شیرین در محل یا در زمین هایی که به دلیل شوری یا فقر مواد غذایی قابل کشت نیست از روش تلفیقی می توان استفاده نمود. آبی پروری - کشاورزی تلفیقی از دستاوردهایی است که در راستای تامین امنیت غذایی و افزایش سلامت جامعه با توسعه یافتگی روستاها به کار گرفته می شود(۱۱).

#### وضعیت تولید و مصرف در ایران

میانگین رشد سالانه آبی پروری در فاصله سال های ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۳ معادل ۱۲٪ و به عبارت دیگر میزان آبی پروری در ایران در سال ۱۳۸۳ نسبت به سال ۱۳۷۴ ، ۱۱۱٪ رشد یافته است. بیشترین تولید ماهیان سردابی در استان های چهارمحال و بختیاری، لرستان و گیلان و بیشترین تولید ماهیان گرمابی در استان های مازندران، گیلان و خوزستان انجام می شود. میزان تولید در آبی پروری در سال های مذکور به شرح جدول ۳ می باشد.

1- SPF: Specific Pathogen Free

2- SPR: Specific Pathogen Resistance

جدول ۳ - میزان آبی پروری به تفکیک گروه گونه ای در سال های ۱۳۸۳-۱۳۷۴ در ایران (۸) ارقام : تن

شرح	۱۳۷۴	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳
پرورش ماهیان گرمابی	۲۶۸۶۴	۲۷۹۱۶	۲۷۱۸۳	۲۷۳۷۴	۲۳۰۰۰	۲۷۵۰۰	۲۸۰۶۰	۵۴۸۰۱	۶۱۰۸۴	۶۵۴۰۰
پرورش ماهیان سردابی	۱۵۰۰	۱۹۰۰	۲۵۱۴	۴۹۹۴	۷۰۰۰	۹۰۰۰	۱۲۱۷۰	۱۶۰۲۶	۲۳۱۳۸	۳۰۰۰۰
پرورش میگو	۱۳۶	۱۶۳	۵۲۳	۸۶۹	۱۸۰۰	۴۰۱۰	۷۶۳۰	۵۹۹۰	۷۴۹۲	۸۹۳۰
برداشت از منابع آبی طبیعی و نیمه طبیعی	۳۰۵۰۰	۳۵۰۲۱	۳۴۷۸۰	۳۸۷۶۳	۳۶۰۰۰	۲۵۴۹۰	۲۵۷۸۵	۱۳۰۱۰	۱۸۴۶۱	۲۰۲۳۰
جمع	۵۹۰۰۰	۶۵۰۰۰	۶۵۰۰۰	۷۲۰۰۰	۶۷۸۰۰	۶۶۰۰۰	۷۳۶۴۵	۸۹۸۲۷	۱۱۰۱۷۵	۱۲۴۵۶۰

آبزیان در کشورهای توسعه یافته ۲۵ کیلوگرم، در کشورهای درحال توسعه ۹ کیلو گرم و در ایران ۶/۷ کیلو گرم است. ضروری است سرانه مصرف آبزیان در کشور تا پایان برنامه چهارم توسعه به ۱۰ کیلوگرم برسد (۱۲).

بیشترین رشد سالانه در سال ۱۳۸۲ با ۲۲/۶۵٪ و کمترین رشد در سال ۱۳۷۸ با ۵/۸٪- مشاهده می شود. از سال ۱۳۸۱ برداشت از آب بندان های اصلاح شده به تولید ماهیان گرمابی اضافه شده است. مصرف سرانه

جدول ۴ - میزان مصرف سرانه انواع آبزیان در سال های ۱۳۸۳-۱۳۷۴ در ایران (۸) (کیلوگرم)

شرح	۱۳۷۳	۱۳۷۴	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳
مصرف سرانه	۴	۴/۵	۴/۵	۴/۵	۴/۶	۵	۵	۵	۵/۲	۶/۲	۶/۷

BOD<sub>5</sub>: با افزایش BOD از میزان اکسیژن محلول در آب کاسته می شود.

مواد دفعی نیتروژن دار: مواد دفعی نیتروژن دار ناشی از ماهی و ترکیبات حاصل از آن در آب عبارتند از:

- آمونیاک
- آمونیوم
- نیتريت
- نیترات

بعد از اکسید شدن پروتئین ها ، آمونیاک یکی از ابتدایی ترین ترکیبات زاید سوخت و ساز بدن ماهی می باشد. اگر غذای ماهی حاوی ۵۰-۴۰ درصد پروتئین (وزن خشک) باشد، مقدار زیادی آمونیاک در بدن ماهی تولید می شود. آمونیاک در آب به آمونیوم ، نیتريت و نیترات تبدیل می شود. آمونیاک توسط آبشش های ماهی دفع می گردد. این ماده در غلظت های پایین نیز بسیار سمی و بیشترین تاثیر آن بر روی آبشش ها می باشد. زیاد بودن غلظت آمونیاک در آب باعث کاهش میزان دفع این ماده از آبشش ها می شود. کمبود آمونیاک در آب نیز باعث کاهش رشد ماهی و کم شدن مقاومت آن در مقابل عفونت

با توجه به جدول ۴ رشد سالانه مصرف سرانه آبزیان در سال ۱۳۸۲ با ۱۹/۲٪ بیشترین میزان و در سال های ۱۳۷۵، ۱۳۷۶، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ ثابت باقی مانده است. میانگین رشد سالانه مصرف سرانه آبزیان در فاصله سال های ۱۳۸۳ - ۱۳۷۴، معادل ۵/۵٪ می باشد.

#### مواد زاید ناشی از متابولسیم ماهی

مواد معلق: با توجه به رژیم غذایی ماهی قزل آلا که شامل مقادیر زیادی پروتئین، چربی و هیدرات کربن است، مواد دفعی ماهی نیز شامل مواد نیتروژن دار، چربی دار و قند دار هضم نشده می باشد. حجم ماده دفعی ، به نوع تغذیه ( تر، خشک، مرطوب) ، میزان غذای مصرفی ماهی و کیفیت غذا بستگی دارد. تجمع مواد دفعی در استخر ، به پارامترهایی نظیر کمبود سرعت آب و افزایش زمان توقف آب بستگی دارد. مواد دفعی ماهی از طرفی سبب افزایش BOD و از طرف دیگر سبب کاهش اکسیژن محلول در آب می شود. این مواد سبب افزایش باکتری های محلول در آب گشته و با اثر سوء بر روی پوست و برانش های ماهی، موجب ضعیف شدن و بیماری ماهیان می گردد(۴).

الف: برای جداسازی مواد معلق و خروج آن ها به منظور جداسازی، آب باید از مراحل زیر عبور کند:

۱- آشغالگیر: عبارت است از یک سری میله های فولادی با سطح مقطع دایره ای به قطر ۳۰ - ۱۶ میلی متر و یا تسمه های فولادی با سطح مقطع مستطیل به پهنای ۸۰ - ۳۰ میلی متر و ضخامت ۲۰ - ۱۰ میلی متر که به صورت موازی و عمودی و یا با شیب ۱ به ۲ تا ۱ به ۳ در کانال خروجی مزرعه در ۲ ردیف قرار دارند. فواصل بین میله های ردیف اول ۱۵ - ۱۰ میلی متر و بین میله های ردیف دوم ۸ - ۶ میلی متر می باشد. برای محاسبه عرض کانال در محل آشغالگیر با توجه به مجموع ضخامت میله های آشغالگیر که ۷۵ تا ۸۵ درصد از سطح مقطع جریان را کم می کند، عرض کانال در محل کارگذاری شبکه های آشغالگیر پهنای بیشتری دارد. سرعت جریان آب خروجی در محل آشغالگیر باید بین ۱/۵ - ۰/۶ متر در ثانیه باشد. وجود یک سر ریز اضطراری لازم است، ارتفاع سر ریز کانال انحرافی ۱۰ سانتیمتر بالاتر از حداکثر ارتفاع مجاز برای پساب در نظر گرفته می شود. سرریز را با کمک شبکه آشغالگیری که فاصله میله های آن ۳۰ - ۲۰ میلی متر است تجهیز می کنند. در انتهای بالایی هر آشغالگیر بایستی پل پیاده رو با پهنای ۰/۸ متر جهت جمع آوری آشغال ها پیش بینی نمود. عمل جمع آوری آشغال ها به وسیله پمپ سیار ۱ اینچ صورت می گیرد.

۲- استخر های ته نشینی شامل دو نوع استخر می باشد:  
الف- استخر ته نشینی اولیه  
ب- استخر ته نشینی ثانویه یا نهایی  
ابعاد استخر ته نشینی اولیه ۵ - ۳ × ۵ × ۳۰ ( ارتفاع، عرض، طول ) حد اقل ارتفاع ۲ متر و در قسمت خروجی ۵ - ۳ متر و به طور متوسط ۳/۶ متر انتخاب می کنند. شیب کف از ورودی به خروجی ۱٪ تا ۳٪ انتخاب می شود.

**تقسیم بندی فضای درونی استخر ته نشینی:**

الف: در منطقه ورودی آب خروجی مزرعه به استخر با استفاده از دیوار آرام کننده سرعت ( با فاصله ۹۰ - ۶۰ سانتیمتر)، از تلاطم آب کاسته می شود و پخش آن به

ها می گردد. اثرات سمی ازدیاد آمونیاک در آب اگر با عوامل دیگری مثل آلودگی آب و کمبود اکسیژن نیز همراه شود بسیار خطرناک تر می شود. درجه تحمل آزاد ماهیان نسبت به آمونیاک و آمونیوم به شرح زیر است:

**آمونیاک و آمونیوم:** برای ماهی های کوچک، ۰/۴ - ۰ میلی گرم در لیتر و برای ماهیان بزرگ، ۰/۲ - ۰ میلی گرم در لیتر و آمونیوم برای همه گروه ها، ۰ تا ۱۲۵ میلی گرم در لیتر است. باکتری ها نیز با تجزیه بقایای مواد غذایی، مقادیر زیادی آمونیاک تولید می کنند. بنابراین باید از تجمع جن در کف استخرهای پرورش ماهی جلوگیری شود.  
برای جلوگیری از تولید آمونیاک در آب باید شرایط مناسبی از قبیل کیفیت خوب آب و تعویض مداوم آن را فراهم آورد و آمونیاک را به مواد نیتروژنی بی خطر تبدیل کرد که در سیستم های پرورش ماهی با گردش دوباره آب به کمک بیو فیلتر ها قابل انجام است. در مواقعی که میزان آمونیاک در آب زیاد است باید اقداماتی نظیر افزایش سرعت آب و یا قطع عمل غذادهی انجام گیرد.

#### تصفیه آب

کیفیت آبی که در مزارع پرورش ماهیان سردابی مورد استفاده قرار می گیرد به صورت زیر تغییر می یابد:

- ۱- کاهش اکسیژن محلول
- ۲- افزایش دی اکسید کربن
- ۳- افزایش آمونیاک
- ۴- افزایش نیتريت
- ۵- افزایش فسفات
- ۶- افزایش نترات
- ۷- افزایش مواد معلق و رسوبی
- ۸- افزایش BOD

هدف از تصفیه آب جداسازی مواد معلق و خارج کردن آن ها، استفاده از جن فعال برای تبدیل مواد نیتروژن دار مضر برای ماهیان نظیر آمونیاک و نیتريت به مواد بی ضرر نظیر نترات و خروج گازهای مضر نظیر دی اکسید کربن و آمونیاک و همچنین عمل بازیافت آب از طریق هوادهی است.

صورت یکنواخت انجام می شود.

ب: منطقه ته نشینی در استخر: سرعت آب به حداقل خود رسیده و عمل ته نشینی مواد معلق انجام می گیرد.

ج: منطقه جمع آوری و متراکم شدن مواد معلق: این حجم برای مدت ۲۴ ساعت میزان مواد معلق ته نشین شده طراحی می شود.

د: منطقه خروجی: به گونه ای طراحی می گردد که بیرون رفتن آب از استخر به طور یکنواخت انجام شود.

استفاده از سرریزهای مثلثی با ظرفیت ۲۵۰ متر مکعب آب برای هر متر طولی در شبانه روز ضروری است. برای جلوگیری از بیرون رفتن مواد شناور و کف های تولید شده در سطح استخر قراردادن کف آبگیر در فاصله ۱۵ تا ۳۰ سانتی متری زیر سطح پساب ضروری و فاصله کف آبگیر از سرریز مثلثی ۳۰ سانتی متر است.

#### هوادهی

در این روش آب خروجی مزرعه پس از گذشتن از محل های آشغالگیر و ته نشینی اولیه، به استخر هوادهی وارد و پس از آن به استخر ته نشینی نهایی (خروج لجن) هدایت می شود. در این روش آب وارده به استخر، مرتباً هوادهی و یا در طول شبانه روز به مدت ۱۲-۴ ساعت لجن فعال (مواد معلق شناور با باکتری های هوازی) هوادهی می شود.

**روش اول:** دمیدن هوا توسط کمپرسورهای هواده، به کمک لوله هایی با سوراخ ریز به قطر ۰/۳ - ۰/۱ میلی متر انجام و حدود ۱۱٪ اکسیژن از هوای دمیده شده، جذب آب خروجی شده و در آن حل می گردد. برای از بین بردن ۱ کیلوگرم BOD<sub>۵</sub> تزریق ۳۲/۵ متر مکعب هوا در عمق ۳ متری زیر سطح آب لازم است و به طور تقریبی به ازای هر کیلو وات ساعت برق مصرفی، حل شدن ۱/۸ - ۱/۳ اکسیژن را در پساب می توان پیش بینی نمود. در این روش امکان گرفتگی سوراخ لوله ها وجود دارد.

**روش دوم:** دمیدن هوا توسط کمپرسورهای هواده، به کمک لوله های با سوراخ ۱ تا ۵ میلی متر انجام می گیرد. برای از بین بردن هر کیلو گرم BOD<sub>۵</sub> حدود

۶۵ متر مکعب هوا لازم است و به طور تقریبی به ازای هر کیلووات ساعت برق مصرفی ۱/۸ تا ۱/۱ کیلوگرم اکسیژن در آب حل می شود.

**روش سوم:** دمیدن هوا توسط کمپرسورهای هواده به کمک لوله هایی با سوراخ هایی به قطر ۳۰ میلی متر به درون آب انجام می شود. در این روش از کانال های انتقال هوا در کف استخر که به وسیله صفحه سوراخ داری که با قشری از ماسه پوشیده شده است استفاده می گردد. به ازای هر کیلو وات ساعت برق، می توان ۰/۹ - ۰/۷ کیلوگرم اکسیژن وارد آب نمود. آب خروجی مزرعه، پس از دریافت اکسیژن در استخر های هوادهی و کاهش BOD<sub>۵</sub> آن وارد استخر های ته نشینی شده، ذرات معلق که روی آن ها باکتری های هوازی قرار گرفته اند با هم لخته هایی به نام لجن فعال را تشکیل داده و در استخر ته نشینی نهایی، ته نشین می شوند.

وارد نمودن هوا در استخر های هوادهی به منظور رساندن اکسیژن به باکتری ها و شناور نگهداشتن لخته ها و دلمه های نگه دارنده باکتری ها به کار می رود. در شروع بهره برداری از استخرهای هوادهی به علت عدم حضور باکتری های زیاد در استخر، تصفیه زیستی به کندی و ناقص انجام می گیرد ولی در صورتی که هوادهی به طور کامل انجام گیرد و شروع بهره برداری از استخر هوادهی در زمستان نباشد تکثیر و تولید مثل باکتری ها به سرعت پیش رفته و پس از مدتی فرایند تصفیه زیستی به حالت کامل خود در می آید.

#### استخر ته نشینی نهایی

پس از تاسیسات تصفیه زیستی نهایی ساخته می شود، طول آن تا ۹۰ متر بوده و بهتر است از ۱۰ برابر عمق بیشتر نگردد. در استخر های ته نشینی بدون لجن روب مکانیکی شیب کف زیاد بوده (۶۰ درجه) و جریان آب در آن ها از پایین به بالا انجام می گیرد. استخر از دو قسمت تشکیل می گردد، قسمت استوانه ای و یا منشوری با دیوار قائم و قسمت مخروطی یا هرمی که در زیر آن قرار می گیرد. جریان آب نخست به درون استوانه پخش کننده مرکزی وارد و به سمت پایین حرکت و پس از گذشتن از زیر استوانه وارد

به مقدار مناسب مصرف از دیگر شاخص های اجتماعی توسعه پایدار است. هم اکنون متوسط سرانه مصرف ماهی جهان  $۱۶/۳$  کیلوگرم و ایران  $۶/۷$  کیلوگرم است. در ایران در سال  $۱۳۷۳$ ، کمتر از  $۱۳\%$  تولید آبزیان در بخش آبزی پروری و در سال  $۱۳۸۳$ ،  $۲۶/۵\%$  مربوط به این بخش بوده است که با توجه به عوامل تولید، امکان توسعه آن فراهم می باشد. (۱۴) کنترل موثر غذا، دفع زایدات و مدیریت سلامتی ماهیان از اثرات سازگار زیست محیطی آن می باشد. بنا براین نیازمند ارزیابی اثرات زیست محیطی و پایش تغییرات اکوسیستم های آبی است. مدیریت و تحقیق در این بخش علاوه بر علوم زیست شناسی در برگیرنده اطلاعات اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی است. استفاده از تخم ماهی مناسب تغذیه با هزینه کمتر، ماهی با کیفیت بهتر و آثار زیست محیطی سازگارتری همراه خواهد داشت (۱۵). از آبزی پروری می توان در پرورش گونه های آبزی وحشی نادر یا در معرض خطر استفاده نمود. در فرمولاسیون غذا باید مواد غذایی مصرف نشده حداقل باشد (۱۶). در تکنولوژی های موجود، نوعی از آبزی پروری به کار گرفته می شود که سیال خروجی باعث افزایش مواد غذایی خالص در محیط زیست نشود (۸). استفاده از پروتئین توام گیاهی و جانوری برای تغذیه ماهی از آلودگی های زیست محیطی خواهد کاست. مشکل عمده استفاده از پروتئین گیاهی در تغذیه آبزیان تجزیه ترکیباتی است که مانع از جذب مواد غذایی و مضر برای آبزیان است. وجود آنزیم های غذایی از قبیل فیتاز امکان استفاده بهینه از فسفر قابل دسترس در پروتئین غذایی را برای ماهی فراهم می آورد (۹). منافع پایدار مستلزم کاهش هزینه های بیرونی و آثار منفی زیست محیطی و اجتماعی، با برنامه ریزی های مشاوره ای و مدیریت مشارکتی محقق می شود. افزایش کارایی استفاده از منابع و افزایش بهره وری مزارع باعث پایداری صنعت آبزی پروری خواهد بود. سیستم های سازگار با محیط زیست، مدیریت بهینه منابع آب، استراتژی های مناسب غذا دهی، استفاده از غذاهای سازگار با محیط زیست، مناسب بودن ژنتیکی گونه ها، مدیریت بهداشتی و تلفیقی کشاورزی-آبزی پروری از راهکار های مدیریتی حفظ محیط زیست تلقی

قسمت ته نشینی می شود. سپس آب به طرف بالا حرکت کرده و به طرف کناره های استخر و سر ریز های خروجی حرکت می کند. در حین بالا رفتن پساب مواد معلق، روی سطح شیب دار کف ته نشین شده و به سمت حوضچه جمع آوری لجن حرکت می کند. استوانه پخش کننده آب، تا ارتفاع  $۱۵$  سانتی متر بالاتر از سطح آب در استخر امتداد می یابد. سطح این استوانه  $۱$  تا  $۱/۲$  متر مربع مساحت دارد. بار سطحی در این استخرها  $۲۸/۸$  متر مکعب در ساعت بر هر متر مربع از سطح استخر و مدت زمان توقف  $۲$  ساعت در نظر گرفته می شود. حجم قسمت جمع آوری لجن در این استخرها  $۳۰\%$  کل حجم استخر است. قطر لوله خروجی لجن (مواد معلق متراکم) باید حداقل  $۶$  اینچ باشد. ابعاد کف حوضچه لجن گیر کوچک تر از  $۱/۲ \times ۱/۲$  متر و یا قطر آن از  $۱/۲$  متر کمتر است. پس از جداسازی لجن، آب خروجی به مسیر اصلی خود و یا به استخر بر می گردد.

#### بحث و نتیجه گیری

آبزی پروری از جمله روش های تولید غذا می باشد که توسعه آن مستقیماً از فشار به ذخایر آبزیان دریایی و اقیانوسی و غیر مستقیم با کمک به تولید پروتئین دامی از فشار بر مراتع می باشد. در ایران  $۷۵\%$  از امکانات موجود آبی، مهار و کنترل نمی شود (۳) و  $۹۵\%$  نیاز کشور به خوراک آبزیان در داخل تامین می گردد بنابراین افزایش تولید ناخالص ملی، از فشار بخش های صنعتی و خدماتی بر منابع طبیعی و نهایتاً آلودگی آب، هوا، خاک و آلاینده های زیست محیطی خواهد کاست. در توسعه پایدار، شاخص های اجتماعی، برآیند توسعه و رفاه اجتماعی می باشند. تغییر در نرخ بیکاری موجود در کشور و افزایش سرانه کالری دریافتی از غذا نشانه تمایل روند توسعه به سمت توسعه پایدار است. هم اکنون در جهان متوسط مصرف انرژی هرنفر در روز حدود  $۲۸۰۰$  کیلوکالری است و  $۳۰$  کشور جهان مصرف سرانه زیر  $۲۲۰$  کیلوکالری دارند (۱۳). متوسط مصرف جهان در سال  $۲۰۳۰$  از مرز  $۳۰۰۰$  کیلوکالری خواهد گذشت که نشانه وضعیت تغذیه بهتر و کاهش سوء تغذیه است. سرانه واقعی مواد مصرفی نسبت

6. Wurts, W., and Masser, M.p., 2..2, Liming Pounds for aquaculture, [http:// SRAC Pubulation No 4100](http://SRAC Pubulation No 4100).
7. Poynton, S. L. and Lovatelli, A., 2006, Reginal Review on Aquaculture Development 2. Near East and North Africa, FAO fisheries No. 1017/2, Rome.
۸. سالنامه آماری شیلات ایران، ۱۳۸۳، دفتر طرح و توسعه شیلات ایران، سازمان شیلات ایران
۹. مفتاحی، ۱۳۸۴، ۹۵٪ از نیاز کشور به خوراک آبزیان، در داخل تامین می شود.  
[www.iranfisheries.net/persian.asp](http://www.iranfisheries.net/persian.asp)
10. Subasinghe, R. P. and Curry, D. and Mc Gladdery, E and Bartly, D., 2003, Recent Technological Innovations in aquaculture.
11. Albert, J., Tacon, Aquaculture Production Trends Analysis, 1993, FAO Fisheries Circular . No. 886, Rev. 2. Rome.
۱۲. هدایتی، ع.، ۱۳۸۴، چالش ها و فرصت های افزایش مصرف،  
[www.iranfisherie.net/Persian/index.asp](http://www.iranfisherie.net/Persian/index.asp)
13. Federation of European Aquaculture Producers ( FEAP ) and network of Aquaculture centres in Asia - Pasific ( NACA), 1993, Producer Associations and Farmer Societies: Support to Sustainable Development and Management of Aquaculture, FAO, fisheries Circular. No. 886, Rev. 2. Rome.
- می شود. عوامل مهم توانمند سازی محیط زیست ، وجود سازماندهی قوی، چارچوب های قانونی و ضمانت اجرایی سیاست های زیست محیطی است. تلفیق این تکنولوژی ها به شبکه های ارتباطی قوی، داده های قابل دسترس و انتخاب سازگارترین سیستم و گونه با محیط زیست محلی تضمین کننده توسعه پایدار است. کاربرد تکنیک های پایدار افزایش ذخیره آبزیان، برنامه های پرورش، استفاده از گیاهان و جانوران آبزی جهت تغذیه، اجرای سیستم های تلفیقی در محیط زیست از قبیل سیستم های چرخشی، استفاده تلفیقی از آب و مدیریت شبکه غذایی اکوسیستم ها در حفظ محیط زیست بسیار مهم است.
- ### منابع
۱. مطالعات طرح جامع توسعه آبی پروری در آب های داخلی ، پیشینه تاریخی و روند گسترش آبی پروری آب های داخلی کشور. ۱۳۸۰ ، دفتر مطالعات جامع، شرکت سهامی شیلات ایران، تهران.
2. De Silva, S. S. and Moehl J. and Satia, B., 2003, Inland Fisheries and Aquaculture: A Synergy for Sustainable Food Fish Production.
۳. مبانی نظری و مستندات برنامه چهارم توسعه، ۱۳۸۳، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، معاونت امور پشتیبانی مرکز مدارک علمی و انتشارات، چاپ اول.
۴. کرمی، ع.، ۱۳۷۶، مدیریت آب و تنظیم اکسیژنی استخرهای پرورش ماهیان تکثیر و پرورش آبزیان، اداره کل آموزش و ترویج، معاونت سهامی شیلات ایران.
5. Summer Felt, R.C., 2000, Water Quality Considerations for Aquaculture, Department of Animal Ecology, Iowa State University.

- Pasific (NACA), 1993, Producer Associations and Farmer Soceties: Support to Sustainable Development and Management of Aquaculture, FAO, fisheries Circular. No. 886, Rev. 2.Rome.
۱۴. بدرقه، ع.، ۱۳۸۴، بحران زیست محیطی و توسعه پایدار  
[www.iranfisheries.net/Persian/index.asp](http://www.iranfisheries.net/Persian/index.asp)
15. Barg.U.C., 1992. Guide lines for the promotion of environmental management of coastal aquaculture development. Fish. Tech. Pap. 328. FAO. ISBN 92-5-103264-5.122pp
16. Federation of European Aquaculture Producers (FEAP) and network of Aquaculture centres in Asia



## بررسی اثرات سولفات روی بر بافت آبش بچه ماهی کپور معمولی (Cyprinus carpio)

طاهره ناجی

استاد یار دانشکده داروسازی دانشگاه آزاد اسلامی تهران، ایران

شیلا صفائیان

استادیار دانشکده علوم و فنون دریایی واحد تهران شمال دانشگاه آزاد اسلامی

مینا رستمی

استاد یار دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران

مهرناز صبرجو

دانشجوی دانشکده علوم و فنون دریایی واحد تهران شمال دانشگاه آزاد اسلامی (عهده دار مکاتبات)

تاریخ پذیرش: ۸۵/۱۱/۸

تاریخ دریافت: ۸۵/۴/۱

### چکیده

روی عنصری ضروری جهت انجام متابولیسم سلولی است که سمیت جزئی دارد، ولی در صورتی که مقدار آن از حد معینی تجاوز کند جزء عناصر سمی به شمار می رود. در این پژوهش اثر سمیت حاد فلز روی بر گونه ماهی کپور معمولی (Cyprinus carpio) در شرایط آزمایشگاهی بررسی شده است.

در ابتدا میزان LC<sub>50</sub>-۹۶-FLZ روی ماهیان با وزن ۱۳۰-۱۲۰ گرم محاسبه گردید و در ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت به ترتیب ۵۰، ۵۶، ۶۴، ۷۸ میلی گرم در لیتر روی محاسبه گردید.

سپس بافت آبش بچه ماهی کپور معمولی در مجاورت با غلظت های مختلف فلز روی قرار داده شد و از نظر ضایعات میکروسکوپی و هیستوپاتولوژیک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصله نشان داد که قرار گرفتن آبش در مجاورت فلز روی منجر به بروز پدیده هایی مانند هایپرتروفی و هایپرپلازی سلول های پوششی آبش، فیوژن یا چسبندگی لاملاهای ثانویه به یکدیگر و افزایش و تکثیر سلول های مخاطی می گردد. در نهایت می توان نتیجه گرفت که فلز روی جزء عناصر سنگینی است که سمیت آن در غلظت های زیاد در ماهی آشکار گردیده و همچنین باعث تغییرات بافتی می شود.

**واژه های کلیدی:** آماهی کپور معمولی، سولفات روی، بافت آبش، LC<sub>50</sub>

### مقدمه

ماهیان به عنصر روی (Zn) که به عنوان یکی از عناصر نادر محسوب می شود، نیازمند می باشند [۲] که این فلز را می توانند از طریق آب و غذا به دست آورند [۳ و ۴]. این عنصر به صورت یک یون دو ظرفیتی است که برای فرایند های فیزیولوژیک نظیر رشد و تقسیم سلولی، متابولیسم، بهبود زخم ها، سیستم دفاعی و تولید مثل، عملکرد سیستم چشایی و بینایی ضروری است [۵].

یکی از مهم ترین وظایف بیو شیمیایی این فلز، تاثیر بر فعالیت بیش از ۳۰۰ آنزیم شامل اکسید و ردوکتاز، ترانسفراز، هیدرولاز، ایزومراز و لیگاز است. به عبارت دیگر کوفاکتور این آنزیم ها است.

نوسانات عوامل زیستی و غیر زیستی در تعادل و پایداری هر اکوسیستم نقش عمده ای دارند. کلیه این عوامل در حد مطلوب، مفید بوده ولی کاهش یا افزایش زیاد آن ها سبب بر هم زدن تعادل یا روابط موجود در محیط می گردد که این امر، تغییرات شدید در جمعیت موجودات زنده را به دنبال خواهد داشت. فلزات سنگین از جمله این عوامل می باشند که به طور طبیعی کمتر از ۱ درصد از وزن بدن موجودات زنده را تشکیل می دهند و نوسانات غلظتی آن ها سبب ناپایداری محیط و ایجاد اختلال در موجود می شود [۱].

همکارانش غلظت روی را در بافت های مختلف کپور ماهی معمولی با بافت های سایر موجودات مقایسه کردند [۱۲]. در این پژوهش با توجه به حضور مکرر فلز روی در آب مزارع پرورشی و مشکلات ناشی از آن، اثرات این ماده بر بافت حساس و حیاتی آبشش بچه ماهیان کپور معمولی مورد بررسی و سنجش قرار گرفت و همچنین غلظت های کشنده این ماده در بچه ماهیان کپور معمولی نیز تعیین گردید.

#### روش بررسی

این تحقیق در تابستان سال ۱۳۸۴ در آزمایشگاه دانشکده علوم و فنون دریایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال انجام گرفت. ابتدا آکواریوم هایی با گنجایش ۵۰ لیتر تهیه، شستشو و آماده گردید. تعداد ۱۵ قطعه ماهی کپور ۱۳۰-۱۲۰ گرمی در هر آکواریوم قرار داده شد. سختی آب آکواریوم ها ۱۲۰ میلی گرم در لیتر کربنات کلسیم اندازه گیری شد و دمای آب  $25 \pm 1$  درجه سانتی گراد و pH آب حدود ۷/۱ محاسبه گردید. به مدت یک هفته ماهی ها در این آب سازگار شدند. در این مدت هوادهی از طریق پمپ های هواده انجام شد. ۲۴ ساعت قبل از اضافه نمودن سولفات روی به آب، غذادهی قطع گردید. یک آکواریوم نیز به عنوان شاهد بدون حضور سولفات روی در نظر گرفته شد.

برای اندازه گیری LC<sub>50</sub> به آکواریوم ها به ترتیب غلظت های ۷۰، ۶۰، ۵۰ و ۸۰ میلی گرم در لیتر روی اضافه گردید که این محدوده غلظت در اثر تکرار و استفاده از غلظت پایین فلز روی (۳۰ ppm) تا غلظت ۸۵ ppm به دست آمد، به طوری که در ۳۰ ppm هیچ گونه تلفاتی مشاهده نشد و در ۸۵ ppm صد در صد ماهیان تلف شدند. بنابراین غلظت های فوق انتخاب شد. در هر ۲۴ ساعت آکواریوم ها بازدید شد و آمار مرگ و میر ماهی ها یادداشت و ماهی های مرده خارج گردید. این عمل به مدت ۴ روز (۹۶ ساعت) انجام شد. تمامی آزمون ها با ۳ بار تکرار انجام شد.

برای بررسی بافت آبشش از ۵ آکواریوم که هر کدام حاوی ۱۵ قطعه ماهی کپور معمولی بود استفاده شد. یکی از این آکواریوم ها به عنوان شاهد و بدون حضور سولفات روی در نظر گرفته شد و به ۴ آکواریوم دیگر غلظت های ۷۰، ۶۰، ۵۰ و

عنصر روی به طور مستقیم در کاتالیز واکنش برخی مولکول ها دستخوش تغییر می شود [۶] همچنین روی دارای نقش فعال کننده برای برخی از آنزیم های ماهیان می باشد [۷] که در استخرها به کار می رود.

Adhikari و Ayyappan در سال ۲۰۰۴ نشان دادند که استفاده از روی به عنوان بارور کننده استخر، سودمند بوده و تولید پلانکتونی و در نتیجه افزایش رشد ماهی در استخرهای پرورش را به دنبال خواهد داشت.

نگرانی های مربوط به تاثیرات آلودگی های محیطی در اکوسیستم های آب شیرین در حال افزایش است. فلزات سنگین از منابع طبیعی و غیر طبیعی به طور پیوسته وارد اکوسیستم آبی می شوند [۸] و به دلیل مسمومیت، حضور طولانی، آلودگی موجودات زنده و حضور در زنجیره غذایی موجودات زنده، تهدیدی جدی برای اکوسیستم به شمار می روند [۹].

فاضلاب های صنعتی و شهری و پساب های کشاورزی هر کدام حاوی مقادیر معتدایی فلزات سنگین هستند که این مواد پس از ورود به اکوسیستم های آبی موجب آلودگی و تجمع در بدن موجودات آبی می شوند. یکی از عمده ترین این آلاینده ها روی است، که قادر به تجمع در بافت های آبیان می باشد و خطرات ناشی از آن در بافت های آلوده و در مواردی به دلیل تغییر در ساختار و عملکرد دستگاه های حیاتی مانند آبشش، می تواند منجر به مرگ آبیان گردد [۱۰].

روی به عنوان یک ریزمغذی به منظور افزایش تولید پلانکتون ها و در نتیجه افزایش رشد ماهی به آب استخرها اضافه می شود [۱۱] بنابراین تاثیر مصرف زیاد روی از این نظر هم حایز اهمیت است.

در مورد اثر فلز روی بر بافت های ماهی کپور، به دفعات تحقیقاتی در اکثر مناطق جهان صورت گرفته است. به عنوان مثال Qureshi و همکارانش در سال ۱۹۹۲ تغییرات بیوشیمیایی فلز روی بر کبد ماهی کپور را بررسی کردند و یا در سال ۱۹۹۷ Breniarz و همکارانش توانایی تولید مثل و تکثیر کپور ماهی معمولی را در غلظت های مختلف فلز روی مورد بررسی قرار دادند. همچنین در سال ۱۹۹۸ Sun, L و

بررسی بود. همچنین مشخص شد که با افزایش سولفات روی نیز این ضایعات شدید تر می شود. چسبندگی لاملاهای ثانویه به یکدیگر به دنبال هایپرپلازی ناشی از غلظت بالای سم، باعث چسبندگی شدید تعدادی از مویگ های موجود در بین سلول های پوشش هایپرپلازی شده، گردیده بود. همچنین پرخونی در لاملاها و تکثیر سلولی افزایش یافت. با افزایش موکوس و همراه با آن از دست دادن خصوصیت موکوپلی ساکاریدی سطحی اش موجب گردید تا لاملاهای ثانویه به صورت کانونی یا سرتاسری به هم بچسبند. همچنین در ماهیان تحت تیمار با غلظت های ۶۰،۵۰ و ۷۰ میلی گرم در لیتر سولفات روی در مقایسه با ماهیان شاهد، تفاوت چندانی مشاهده نشد و بیشترین ضایعات در غلظت ۸۰ میلی گرم در لیتر روی مشاهده شد.

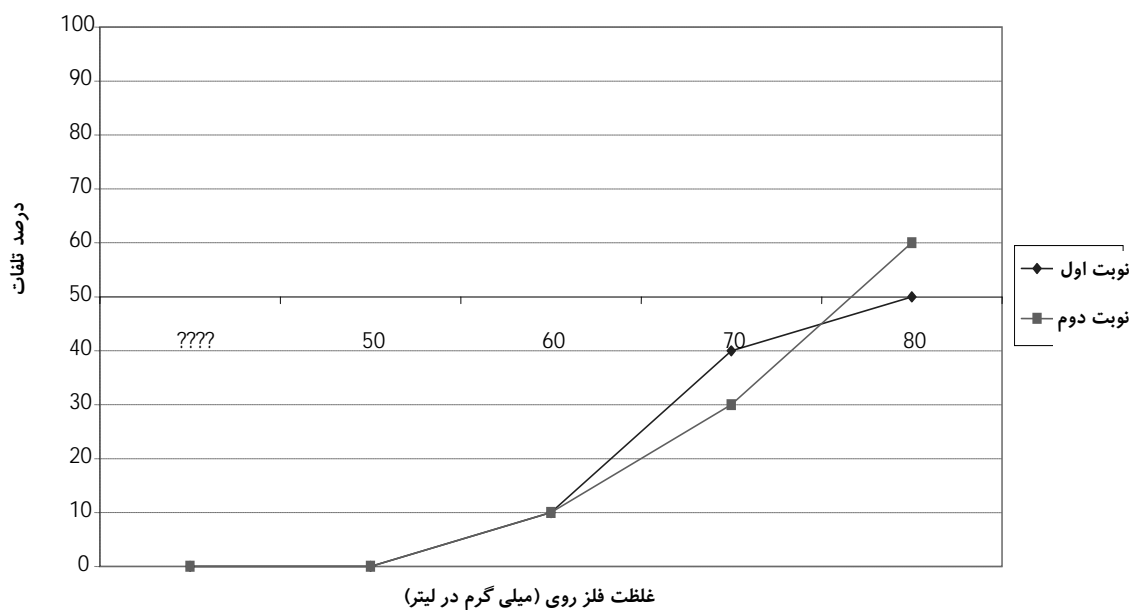
در غلظت ۸۰ میلی گرم در لیتر روی تلانژکتازی یا اتساع عروقی به وضوح دیده شد که در نتیجه از بین رفتن سلول های پشتیبان لاملاهای ثانویه (Pillar) ایجاد گردید و منجر به انسداد عروق و کاهش اکسیژن و تحریک موضعی در آبشش ها و نهایتاً خفگی ماهی شد. تکثیر سلول های پوشش آبشش از ناحیه نوک لاملاهای ثانویه آغاز و به تدریج با افزایش روی تا ۸۰ میلی گرم در لیتر در تمام طول آن گسترش یافت. (شکل ۲).

و ۸۰ میلی گرم در لیتر روی اضافه شد. پس از اضافه نمودن محلول سولفات روی، در زمان های ۷۲،۴۸،۲۴ و ۹۶ ساعت بافت آبشش ماهیان خارج شده و در ظروف حاوی فرمالین ۱۰ درصد قرار داده شد. نمونه های بافتی در آزمایشگاه پس از طی مراحل پاساژ بافت، آماده برش گیری و رنگ آمیزی هماتوکسیلین و ائوزین شد. سپس از لام های تهیه شده توسط میکروسکوپ مجهز به دوربین عکسبرداری شد.

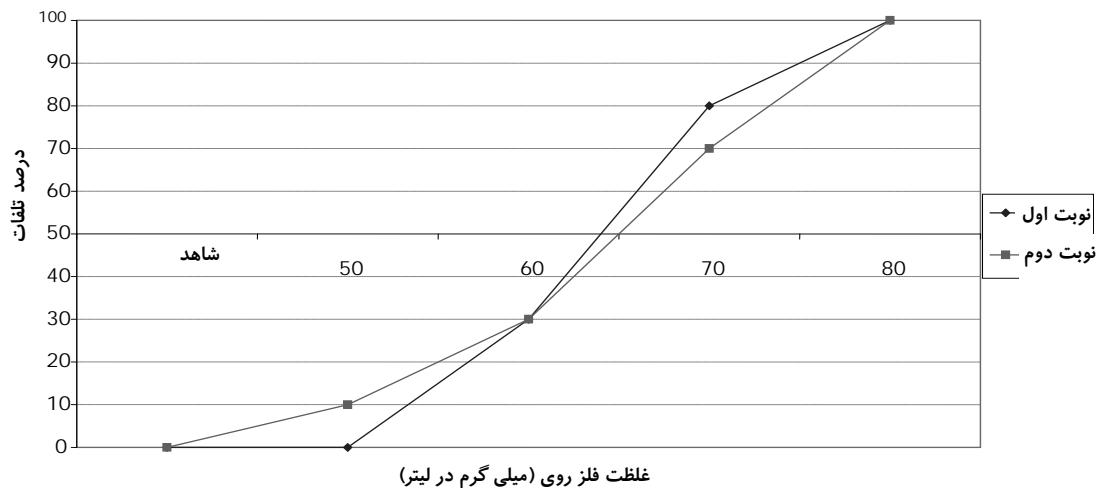
### نتایج

پس از انجام آزمایش تعیین LC<sub>50</sub> تعداد ماهیان مرده در هر غلظت شمارش و در جدولی ثبت گردید (جدول ۱) بر این اساس میزان LC<sub>50</sub> با استفاده از نمودارهای تعیین LC<sub>50</sub> (نمودارهای ۱، ۲، ۳ و ۴) برای هر دوره زمانی به دست آمد (جدول ۲) نتایج کار بافت شناسی آبشش به شرح زیر می باشد:

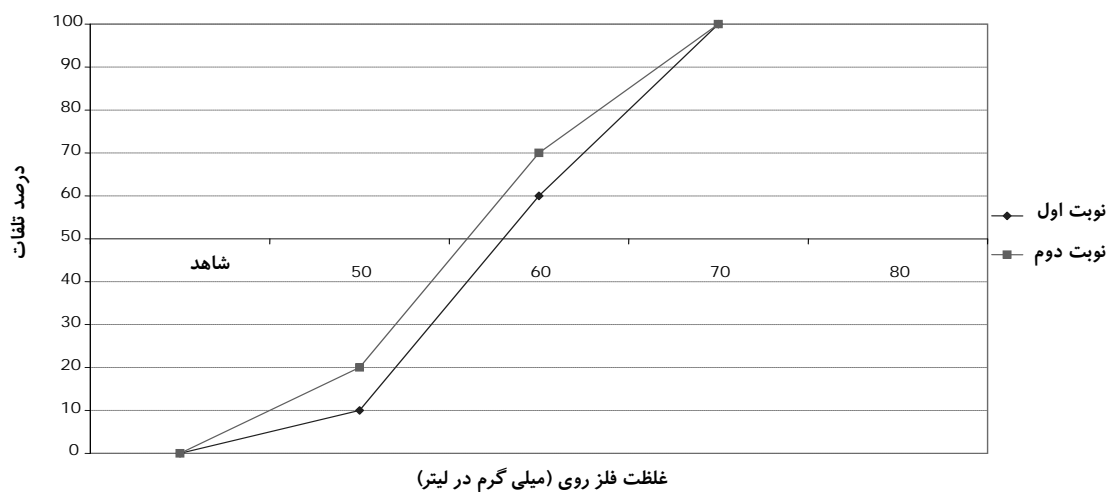
نتایج بافت شناسی آبشش ماهیان شاهد (شکل ۱) و مقایسه آن با بافت آبشش ماهیانی که تحت تاثیر غلظت های ۷۰،۶۰،۵۰ و ۸۰ میلی گرم در لیتر سولفات روی قرار داشتند (شکل ۲)، نشان دهنده ضایعات هستیوپاتولوژیک آبشش مانند: هایپرتروفی و هایپرپلازی سلول های پوشش آبشش، چسبندگی لاملاهای ثانویه به یکدیگر یا فیوژن و افزایش و تکثیر سلول های مخاطی در هر ۴ غلظت مورد



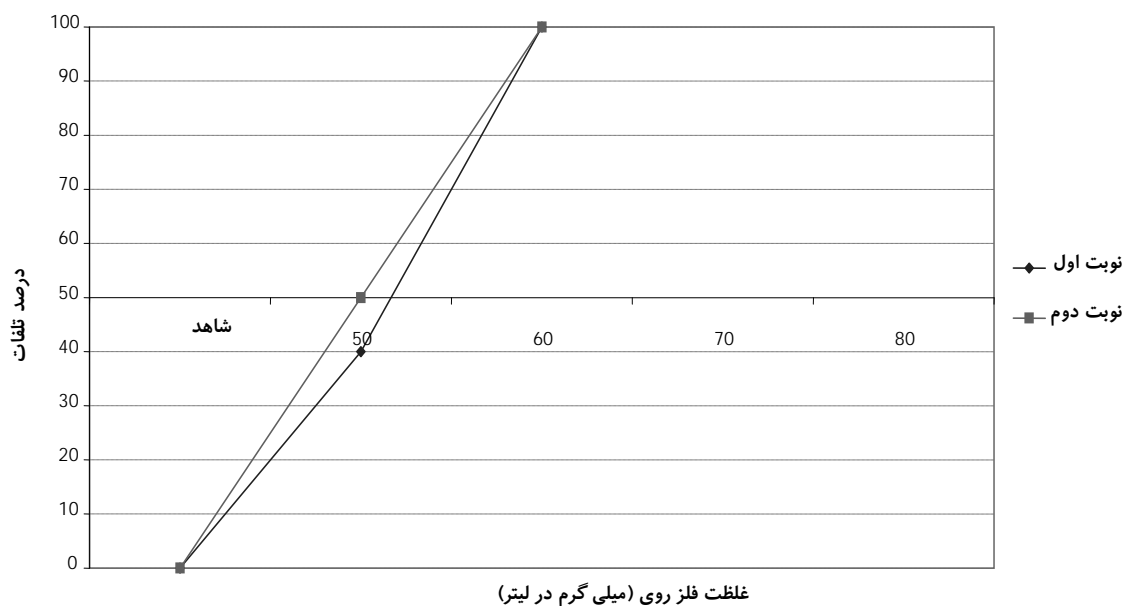
نمودار ۱: میزان LC<sub>50</sub> در غلظت های مختلف فلز روی در مدت زمان ۲۴ ساعت



نمودار ۲: میزان LC۵۰ در غلظت های مختلف فلز روی در مدت زمان ۷۲ ساعت



نمودار ۳: میزان LC۵۰ در غلظت های مختلف فلز روی در مدت زمان ۷۲ ساعت



نمودار ۴: میزان LC۵۰ در غلظت های مختلف فلز روی در مدت زمان ۹۶ ساعت

جدول ۱- درصد مرگ و میر کپور ماهیان با وزن ۱۳۰-۱۲۰ گرم در آزمایشگاه جهت تعیین LC<sub>50</sub> (غلظت بر حسب میلی گرم در لیتر و زمان بر حسب ساعت)

۸۰		۷۰		۶۰		۵۰		شاهد		غلظت روی مصرفی (mg/lit)
نوبت دوم	نوبت اول	نوبت دوم	نوبت اول	نوبت دوم	نوبت اول	نوبت دوم	نوبت اول	نوبت دوم	نوبت اول	زمان (ساعت)
۶۰	۵۰	۳۰	۴۰	۱۰	۱۰	۰	۰	۰	۰	۲۴
۱۰۰	۱۰۰	۷۰	۸۰	۳۰	۳۰	۱۰	۰	۰	۰	۴۸
—	—	۱۰۰	۱۰۰	۷۰	۶۰	۲۰	۱۰	۰	۰	۷۲
—	—	—	—	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	۴۰	۰	۰	۹۶

ماهیان از محیط طبیعی (استخر پرورشی) لازم به نظر می رسد که مکمل و تصحیح کننده اعداد و ارقام فوق خواهد بود. در اغلب مطالعات مربوط به تاثیر فلز روی بر ماهی کپور معمولی میزان مرگ و میر، تنظیم یونی، تولید مثل و تجمع آن در بافت های ماهی مورد بررسی قرار گرفته است و تنها در موارد اندکی پژوهش راجع به تغییرات بافتی در حضور فلز روی انجام شده است. ماهیان جوان نسبت به ماهیان بالغ حساسیت بیشتری به فلزات سنگین دارند، به همین دلیل ماهیان جوان برای بررسی تاثیرات فلزات سنگین مناسب تر می باشند [۱۳].

ماهیانی که تحت تاثیر این سم قرار گرفتند دچار اختلالات تنفسی شدند به طوری که سرپوش آبششی را تند تر باز و بسته کرده و در اطراف سنگ هوا و حباب های هوا شنا می کردند. رنگ ماهیان نیز در طول این دوره روشن بوده و ماهی دچار رنگ پریدگی و تشنج و لرز بود. در هنگام آزمایش تعیین محدوده کشندگی، در غلظت های بالا، رفتار و حالت های غیر عادی ماهیان افزایش می یافت. در آبشش ها نیز علائمی نظیر کم خونی و رنگ پریدگی قابل مشاهده بود.

جدول ۲- میزان LC<sub>50</sub>

زمان (ساعت)	مقدار LC <sub>50</sub> (PPM)
۲۴	۷۸
۴۸	۶۴
۷۲	۵۶
۹۶	۵۰



شکل ۱- بافت آبشش در ماهیان کپور معمولی گروه شاهد (هماتوکسیلین ، اتوزین بزرگ نمایی × ۱۰)



شکل ۲- بافت آبشش در ماهیان مورد آزمایش با غلظت ۸۰ lit mg/ (هماتوکسیلین بزرگ نمایی × ۴۰)

#### تفسیر نتایج

یکی از مشکلات اساسی، یافتن غلظتی از عنصر روی است که برای آبی خطرناک نبوده (NOEC)<sup>۱</sup> و کمبود آن مشکلات بیولوژیک و سوء هاضمه ای را به وجود نیاورد. هدف از انجام این تحقیق، مشخص نمودن حداکثر غلظت مجاز این عنصر (MATC)<sup>۲</sup> است که به طرق مختلف وارد استخر می گردد، به طوری که حتی الامکان مقادیر به دست آمده در این پژوهش قابل به کارگیری در مزارع باشد. با وجود این همواره بررسی میدانی و نمونه برداری

1- NOEC: No Observed Effect Concentration

2- MATC: Maximum Allowable Toxicant Concentration

کاهش وزن طحال و تحلیل مخاط معده و تغییر ویژگی های طبیعی بافت آبشش و سلول های کلرید می باشد. تغییرات آسیب شناسی در بافت ها نظیر هایپرتروفی بافت بین کلیوی، تحلیل رفتن مخاط معده و تغییرات سلولی در طحال نیز در ماهی تحت استرس رخ می دهد که البته بیشتر مربوط به حالت مزمن می باشد [۱۴]، که در صورت بازگشت ماهی به شرایط طبیعی و حذف آلودگی این احتمال وجود دارد که بافت های آسیب دیده ترمیم یابند. اما در صورتی که آسیب از حد معینی بالاتر باشد، این بازگشت امکان پذیر نبوده و بافت مورد نظر با نکروز شدید مواجه و منجر به مرگ ماهی می شود (مانند مرگ ماهیان مورد آزمایش در غلظت های ۷۰ و به خصوص ۸۰ میلی گرم در لیتر روی).

بافت طحال نیز در صورتی که آلودگی به صورت مزمن در آید دچار تغییرات سلولی می شود اما در تحقیق حاضر علاوه بر تاثیرات بارز در فاکتورهای خونی، غلظت های بالای روی سبب آسیب جدی به بافت آبششی و در نتیجه از بین رفتن قابلیت های ساختاری آن گردید. بافت طحال می تواند تا حدودی سلول های خونی از بین رفته در طی آلودگی با فلز روی را برای ماهی جبران نماید. تمامی این تغییرات با نظارت سیستم غدد درون ریز ماهی تنظیم و کنترل می شود. آزاد سازی و افزایش سطح کورتیزول خون ماهی از به صورت موارد این کنترل محسوب می شود [۱۵]. در این راستا و با افزایش محور هیپوتالاموس، هیپوفیز و اینترنال در اغلب مشاهدات و بررسی های انجام شده در مورد پارامترهای خونی و بافت آبشش، شرایط به وضع طبیعی باز می شود و در صورت حذف آلودگی در همان زمان امکان ادامه زندگی برای ماهی فراهم می گردد، اما افزایش غلظت فلز روی به میزان فراتر از حد کشنده، سبب از بین رفتن کارایی بافت های مختلف ماهی از جمله آبشش و ایجاد تاثیرات غیر قابل بازگشت می شود. این مورد را به راحتی می توان در غلظت ۷۰ میلی گرم در لیتر روی در زمان ۴۸ و همچنین غلظت ۸۰ میلی گرم در لیتر روی در زمان ۲۴ مشاهده کرد.

تغییرات ایجاد شده در بافت آبشش از قبیل ادم لاملای ثانویه و همین طور ادم در سطح فیلامنت اولیه، هایپر پلازی سلول های پوششی لاملای ثانویه، چسبندگی

در این پژوهش تعیین LC<sub>50</sub> فلز روی و تغییرات هیستوپاتولوژیک در آبشش به عنوان نمونه مورد بررسی قرار گرفت. مقدار غلظتی که ماهیان در تماس با آن قرار گرفتند پس از چند سری آزمایش به دست آمد. به عبارت دقیق تر در ابتدا ماهیان در تماس با غلظت های کم (۳۰) تا زیاد (۸۰) قرار گرفتند و سپس با توجه به تلفات صد در صد ماهیان در غلظت ۸۰ میلی گرم در لیتر فلز روی، غلظت ۴۰ میلی گرم در لیتر روی به عنوان حداکثر غلظت مجاز عنصر (MATC) و غلظت ۳۰ میلی گرم در لیتر روی به عنوان غلظتی که هیچ اثر قابل توجهی نداشته است انتخاب شد (NOEC).

در این پژوهش میزان LC<sub>50</sub> برای مدت زمان ۲۴ ساعت ۷۸ میلی گرم در لیتر به دست آمد و مقدار آن برای زمان ۹۶ ساعت ۵۰ میلی گرم در لیتر روی محاسبه شد. در صورتی که در تحقیقی که توسط Lam در سال ۱۹۹۸ در هنگ کنگ و روی ماهی تیلپیا و ماهی کپور انجام شد میزان LC<sub>50</sub> برای ماهی کپور معمولی با وزن ۵ تا ۸ گرم در زمان های ۲۴ و ۹۶ به ترتیب ۲۳ و ۱۷ میلی گرم در لیتر روی به دست آمد و در آزمایش دیگری روی ماهی تیلپیا در دو زمان مذکور میزان LC<sub>50</sub> به ترتیب ۲۴/۳ و ۱۶/۵ میلی گرم در لیتر روی گزارش داده شد [۴]. در تحقیق دیگری مقدار LC<sub>50</sub> فلز روی برای ماهی قزل آبی رنگین کمان ۷/۲۱ میلی گرم در لیتر روی تعیین شد که این نتیجه حاکی از این است که ماهی قزل آلا نسبت به ماهی کپور معمولی حساس تر است.

در سال ۱۹۹۸ Tuneja و همکارانش مقدار LC<sub>50</sub> فلز روی در ماهی *Channa bancatatus murel* با طول ۱۴±۲ را ۲۴/۴ میلی گرم در لیتر روی به دست آوردند که در مقایسه با نتیجه به دست آمده در این پژوهش، ماهی مذکور از ماهی کپور معمولی مقاوم تر است [۱۲].

در مورد تغییرات متعدد بیوشیمیایی که در اثر فلز روی و به طور کلی استرس در ماهی کپور معمولی رخ می دهد، آزمایشات بافت شناسی و بررسی های آسیب شناسی سلولی می تواند اطلاعات زیادی را در زمینه تاثیر این فلز فراهم آورد. تغییرات بافتی که معمولاً در ماهی و در جهت برگشت به حالت طبیعی رخ می دهد شامل تخلیه گلیکوژن کبدی،

- als in fish, In: Taulor E.W. (Ed), Toxicology of aquatic pollution: physiological cellular and molecular approaches, Cambridge University press, Cambridge, England, 29-60.
5. Aggett , P and Comeford, Jg ( 1995 ). Zinc and human health. Nutr Rev; 53 : 16-22
  6. Berg, JM and Y, shi. 1996. The galvanization of biology: a growing appreciation for roles of zinc. Science; 271: 1081-50.
  7. Adhikari , S ,2004 . Interference of magnesium on zinc adsorption by pond sediment and on zinc accumulation in a freshwater teleost , Labeo rohita (Hamilton). Ecotoxicology and environmental safety 59, 228- 231
۸. شاپوری، م. ۱۳۸۲. بررسی اثرات حاد فلز مس و تعیین LC<sub>50</sub> و تغییرات ایجاد شده در بافت های گناد، عضله و کبد در ماهی کپور معمولی. پایان نامه کارشناسی ارشد شیلات، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی. تهران. ایران.
9. Eisler, R. 1988. Zinc hazards to fish. Wildlife and invertebrates: a synoptic review. US fish wildlife serve. Biol. Rep. Vol. 85.
  10. Boudou, A. And F, Ribayre. 1989. Fish as biological model «for experimental studies in Ecotoxicology. [ : Bodou, A. Ribayre and F. (Eds.), Aquatic Ecotoxicology, Fundamental concepts and Methodology, Vel II. CRC.Press , Boca Raton . FL, USA. 127- 162.
  11. Adhikari, S. and Ayyappan. S. 2004. Behavioral
- لاملاهای ثانویه به یکدیگر، متابلازی و دیسپلازی سلول های موکونیدی، افزایش سطح مخاطی در تمام نواحی داخل لاملائی و بین لاملائی، آماس و التهاب در آبشش، ترشح مخاط و ترکیبات کوتیکولی که به خصوص در قسمت قاعدگی لاملائی اولیه شروع شده و به تدریج در تمامی نواحی تشکیل یک لایه پوششی خارجی محکم و استواری را می دهد. همچنین تانژکتازی ( ضایعه هیستوپاتولوژیک که احتمالاً به دلیل تغییرات ادم و هایپرپلازی و به دنبال آن چسبندگی لاملاهای ثانویه که اختلالات گردش خون و کاهش فشار خون موضعی را سبب می شود)، به حدی است که برگشت پذیر نبوده و بقای ماهی را به شکل جدی تحت تاثیر قرار می دهد.
- ### سیاسگزاری
- با سپاس فراوان از سرکار خانم هایده وکیلی، مسئول آزمایشگاه دانشکده علوم و فنون دریایی که در انجام این تحقیق از هیچ کمکی به پژوهشگران دریغ نکردند. همچنین با تشکر از جناب آقای مهندس جاذبی زاده و آقای مهندس یوسف که زحمات فراوانی را در جهت پیشرفت این تحقیق متقبل شدند.
- ### منابع
1. Clark, R. B., 1986. Marine pollution clarendon Press. Oxford. Pp. 64-82
  2. Watanabe, T. and V, Kiron, S. Satah. 1997. Trace mineral in fish nutrition. Aquaculture. 151, pp 185 -207.
  3. Wood, C.M. (2001). Toxic responses of the gill. In schlenk, D, Benson, W.H. (Eds), Target organ. Toxicity in marine and freshwater teleost, Vol.1. Taylor and Francis, London, 1-89.
  4. Handy, R.D. 1996. Dietary exposure to toxic met-

heavy metals in sewage – Grown fishes. Elsevier science. Limited. Printed in Great Britain 10-12

role of zinc on primary productivity, plankton and grow of a fresh water teleost .Labeo rohita. ( Homilton). Aquaculture. 231( 14 ), 327- 336

۱۵. اعلمی، ع. ۱۳۸۱. بررسی اثرات سمی کادمیوم بر برخی

فاکتورهای خونی و بافت های خون ساز در ماهی قزل آلای رنگین کمان. ( *Oncorhynchus mykiss*). پایان نامه کارشناسی ارشد شیلات . واحد تهران شمال. دانشگاه آزاد اسلامی. تهران. ایران.

۱۲. محمد خانلو عشایری، ص. ۱۳۸۲. تعیین  $LC50$  بررسی اثرات

حاد فلز روی بر تغییرات بافت های عظمه، گنادها و کبد در ماهی کپور معمولی. پایان نامه کارشناسی ارشد شیلات، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی. تهران. ایران.

16. Lam K. powoiko (1998). Metal toxicity and metal-lothiunein Gene expression studies on Common carp and Tilapia. Marine Environmental research. Vol. 46, No. 1-5, 563-566

13. Akaheri, A. Jozwiak, z. (1999). Effect of Zinc on Common Carp (*Cyprinus carpio*) erythrocytes, Elsevier Science Inc. 16-17

14. wedmeyer and Gray A. 1990. Accumulation of



## مقایسه جنبه‌های فنی، بهداشتی و اقتصادی سه روش دفع مواد زاید بیمارستانی شامل استریلیزاسیون، سوزاندن و دفن بهداشتی در شهرکرد

قاسمعلی عمرانی

استاد، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

فریده عتابی

استادیار، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی (عهده دار مکاتبات)

مهربان صادقی

مری، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد

بهمن بنائی قهفرخی

کارشناس ارشد، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی

تاریخ پذیرش: ۸۵/۷/۲۵

تاریخ دریافت: ۸۵/۳/۱۰

### چکیده

کنترل مواد زاید جامد به ویژه زباله‌های سمی و خطرناک که بخشی از آن‌ها را زباله‌های بیمارستانی تشکیل می‌دهند، بسیار مهم است. به دلیل وجود بیماری‌های عفونی در بیمارستان‌ها، متنوع بودن و دفع نامطلوب مواد زاید، دارا بودن انواع مختلف باکتری‌ها و ویروس‌ها، درجه آلودگی بالا، تولید بو و فقدان انجام آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی دقیق علمی در بیمارستان‌های شهرکرد، انجام این مطالعه ضرورت دارد. این تحقیق یک پژوهش کاربردی است که برای نخستین بار به مدت ۱۳ ماه با هدف انجام مقایسه جنبه‌های فنی، بهداشتی و اقتصادی سه روش دفع مواد زاید بیمارستانی شامل استریلیزاسیون، سوزاندن و دفن بهداشتی انجام گرفته است تا بتوان روشی مناسب مبتنی بر زیرساخت‌ها و پتانسیل‌های مرتبط و موجود در شهرکرد ارائه نمود. کل زباله‌های تولیدی در چهار بیمارستان شهر روزانه ۱۵۰۰ کیلوگرم و زباله‌های عفونی آن ۴۵ درصد می‌باشد که جمع‌آوری آن به بخش خصوصی واگذار گردیده است. با انجام آنالیز فیزیکی و شیمیایی در ده روز میانی هر فصل، درصد مواد تشکیل دهنده، درصد زباله‌های عفونی و غیر عفونی، چگالی زباله و درجه آلودگی شیرابه زباله‌های بیمارستانی تعیین گردید. در آنالیز شیمیایی با استفاده از لوله‌های گاز یاب و پمپ مخصوص، مقدار گازهای خروجی از دودکش دستگاه زباله سوز اندازه‌گیری و با استانداردهای جهانی مقایسه شد، که بیانگر بالا بودن مقدار این آلاینده‌ها در خروجی دستگاه زباله سوز بود. از نظر اقتصادی، کلیه هزینه‌های مربوط به هر روش به صورت جداگانه محاسبه گردید. در نهایت پس از انجام بررسی‌ها و تجزیه و تحلیل نتایج، استفاده از روش گندزدایی و استریلیزاسیون مواد زاید بیمارستانی به عنوان بهترین روش دفع زباله‌های بیمارستانی در شهرکرد پیشنهاد گردیده است.

**واژه‌های کلیدی:** مواد زاید بیمارستانی، سرانه مواد زاید بیمارستانی، زباله عفونی، گندزدایی، استریلیزاسیون

### مقدمه

مدیریت مواد زاید جامد در جهان به طور جدی آغاز شده و پیشرفت‌های زیادی نیز در مورد با کنترل تولید، جمع‌آوری و دفع این مواد صورت گرفته است. افزایش بیماری‌های صعب‌العلاج همچون سرطان و ایدز و صدها بیماری دیگر که به آلودگی محیط زیست نسبت داده می‌شوند، از سال ۱۹۷۵ به بعد بسیاری از کشورهای جهان را ناگزیر به تدوین قوانین دقیق و مستحکمی در زمینه مواد زاید نموده است، به طوری که در سال‌های قبل از ۱۹۳۰ در آمریکا روش دفن بهداشتی معمول بود و در سال ۱۹۶۰ ژاپن اولین کشوری

طی سال‌های اخیر، انسان به خوبی دریافته است که از دست دادن محیط زیست مترادف با از بین رفتن حیات بشری بر روی کره زمین می‌باشد. در این راستا یکی از مواردی که به شدت محیط زیست را تهدید می‌کند، مواد زاید جامد ناشی از فعالیت‌های مختلف جوامع انسانی است که در صورت عدم مدیریت اصولی اثرات سوئی بر عناصر اصلی محیط زیست، یعنی هوا، خاک و به ویژه آب خواهد داشت. از چند دهه قبل برنامه‌ریزی در حوزه‌های مختلف

وفوران های ناشی از سوختن آن ها در درازمدت می تواند به سیستم عصبی و تولید مثل آسیب رساند و دفن آن ها نیز باعث آلودگی آب، خاک و هوا می شود (۲).

مقدار متوسط سرانه روزانه مواد زاید بیمارستانی به ازای هر تخت، در جهان ۲ الی ۹ کیلوگرم و در ایران ۰/۵ الی ۲/۷ کیلوگرم برآورد شده است. روش های دفع مواد زاید شامل روش های سوزاندن، دفن بهداشتی، استریلیزاسیون، پرتودهی، کپسوله کردن و خنثی سازی می باشد که انتخاب روش مناسب بستگی به عواملی نظیر قدرت گندزدایی، نوع و کمیت مواد زاید، ضوابط و مقررات زیست محیطی، کاهش وزن و حجم مواد زاید، امکان دسترسی به روش مورد نظر، فضای موجود، هزینه های اولیه، نگهداری و بهره برداری دارد و شرایط استاندارد هریک از این روش ها متفاوت است (۵، ۷، ۸، ۹).

بر اساس پژوهش های انجام شده از کل پسماندهای بیمارستانی کشور ۵۸ درصد دفن بهداشتی، ۲۳/۶۵ درصد سوزانده و ۱۸/۳۵ درصد تلتبار می شوند که هیچ یک از این روش ها به دلیل وجود عواقب سوء زیست محیطی و بهداشتی مورد تأیید مجامع علمی ملی و بین المللی نیست (۳). به طور کلی هدف از انجام این پژوهش مقایسه جنبه های فنی، بهداشتی و اقتصادی سه روش دفع مواد زاید بیمارستانی شامل استریلیزاسیون، سوزاندن و دفن بهداشتی در شهرکرد است که جهت بهینه سازی روش های دفع مواد زاید بیمارستانی، و هم چنین بهره گیری سازمان محیط زیست و اداره سلامت و بهداشت محیط کار وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و هم چنین شهرداری های مناطق تهران و استفاده از نتایج این تحقیق به عنوان الگویی خاص برای شهرهای مشابه کاربرد دارد.

#### مواد و روش ها

به منظور بررسی وضعیت روش های دفع زباله های بیمارستانی در بیمارستان های شهرکرد و پیشنهاد راهکار مناسب، در این تحقیق کاربردی با کسب اطلاعات مورد نیاز، تهیه پرسشنامه و انجام آنالیز فیزیکی و شیمیایی زباله های بیمارستانی، نتایج به دست آمده مورد تحلیل

بود که کنترل مواد زاید خطرناک را آغاز کرد و در سال ۱۹۷۶ سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا اداره مدیریت مواد زاید جامد را تأمین و در سال ۱۹۸۰ قانون حفاظت بازیافت از مبدأ را وضع نمود [۵].

مواد زاید پزشکی حاصل از فعالیت های بهداشتی درمانی بوده و در زمره مواد زاید خطرناک هستند که در بیمارستان ها، درمانگاه ها، کلینیک ها و مراکز تحقیقات و دارویی تولید می شوند و بخش مهمی از مواد زاید جامد شهری هر جامعه ای را تشکیل می دهند که به علت دارا بودن انواع گوناگون میکروارگانیسم ها مانند باکتری های استافیلوکوک، باسیل سل، کزاز، ویروس هپاتیت و ایدز از نظر بهداشتی بسیار حایز اهمیت هستند و به دو دسته پسماندهای شبه خانگی و پسماندهای خطرناک تقسیم می شوند. پسماندهای شبه خانگی ۷۵ الی ۹۰ درصد و پسماندهای خطرناک ۱۰ الی ۲۵ درصد زباله های تولید شده را تشکیل می دهند (۱ و ۶).

زباله های خطرناک در بخش هایی نظیر اتاق عمل، جراحی، رادیولوژی و غیره تولید می شوند و می توان این زباله ها را در گروه زباله های عفونی، زباله های پاتولوژیک، زباله های دارویی، زباله های سمی، زباله های شیمیایی و زباله های رادیواکتیو طبقه بندی نمود که از نظر بهداشتی و زیست محیطی، اقتصادی و طراحی سیستم جامع و کامل برای جمع آوری و دفع نهایی زباله های بیمارستانی بسیار مهم می باشد. بنابراین مدیریت مواد زاید پزشکی شامل مراحل جداسازی، بسته بندی و برچسب گذاری، جمع آوری، حمل و نقل، تصفیه و دفع بوده و تنها راه دستیابی به مدیریت کارآمد، شناخت خصوصیات کمی و کیفی مواد زاید بیمارستانی و مراحل ذکر شده می باشد. شیرابه حاصل از زباله یکی از منابع آلوده کننده آب های سطحی و زیر زمینی است که درجه آلودگی آن چندین برابر درجه آلودگی فاضلاب خانگی است و حد مجاز تخلیه شیرابه از نظر BOD به آب های سطحی، زیر زمینی و آب های کشاورزی به ترتیب ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر و COD نیز به ترتیب ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر می باشد (۴). علاوه بر خطرناک بودن عوامل عفونی این گونه از زباله ها، قرار گرفتن در معرض گازهای سمی دی اکسین

قرار گرفته است. در انجام آنالیز شیمیایی که به صورت تصادفی در سه روز از هر فصل انجام گرفت، با استفاده از لوله های گاز یاب و پمپ مخصوص، مقدار گازهای خروجی از دودکش زباله سوز اندازه گیری شد. این گازها شامل منوکسید کربن، دی اکسید گوگرد، اکسیژن و کلر بود، که نشان دهنده وجود هیدروکربن های نسوخته و ترکیبات دی اکسین در گاز خروجی از دودکش زباله سوز است. اندازه گیری COD شیرابه زباله مطابق باروش استاندارد (تیتراسیون و تقطیر برگشتی) انجام گرفت که برای هر سری آزمایش، بالنی به عنوان شاهد انتخاب گردید و به جای نمونه ۲۰ سی سی آب مقطر درون بالن ریخته شد. سپس ۱۰ میلی لیتر محلول استاندارد بیکرومات پتاسیم در یک ارلن مایر ۲۵۰ سی سی ریخته و آب مقطر به آن اضافه شد تا حجم آن به ۱۰۰ سی سی برسد. سپس ۳۰ میلی لیتر اسید سولفوریک به آن افزوده شد و محلول سرد و با محلول سولفات مضاعف تیترا گردید. در بالن ۰/۴ گرم از سولفات جامد ریخته شد و با پیپت ۲۰ میلی لیتر از نمونه مورد آزمایش قرار گرفت و محلول رقیق شده آن در آب مقطر، وارد بالن گردید و با دقت تمام توسط پیپت ۱۰ میلی لیتر استاندارد، بیکرومات پتاسیم به بالن اضافه شد. هم چنین ۳۰ میلی لیتر اسید سولفوریک مخصوص به بالن افزوده و در آن چند دانه شیشه مرواریدی ریخته شد و بالن به برد قائم وصل گردید. سپس به مدت ۲ ساعت جوشانیده شد و پس از خنک شدن، با افزودن سه قطره از معرف فریبون به بالن، با محلول سولفات مضاعف آلومینیوم و اسید تیترا گردید (۱۰). کلیه هزینه ها از نظر فنی با توجه به حجم تولیدی زباله ها در روز، حجم خاکبرداری و اندازه دستگاه ها محاسبه گردید. از نظر اقتصادی نیز اطلاعات مربوط به کلیه هزینه ها از طریق مصاحبه، کسب اطلاعات از پیمانکاران و تهیه پرسشنامه کسب گردید. لازم به ذکر است که در این برآورد، هزینه های اجتماعی در نظر قرار گرفته نشده است.

#### نتایج

باتوجه به تکمیل نمودن پرسشنامه ها، اطلاعاتی در خصوص وضعیت موجود بیمارستان های مورد مطالعه به دست آمد

قرار گرفته است. کل زباله های تولیدی در روز، سرانه مواد زاید بیمارستانی در روز و درصد اجزای زباله ها با استفاده از ترازوی seca توزین و مشخص گردید. و جهت تعیین درجه آلودگی شیرابه زباله از روش استاندارد متد استفاده گردید. هم چنین جهت تعیین گازهای آلاینده خروجی از دودکش دستگاه زباله سوز از پمپ گاز یاب جهت انجام آنالیز فیزیکی از نمونه های ۵۰ کیلوگرمی مواد زاید و جهت نمونه گیری شیرابه زباله از ظرف های یک لیتری و برای انجام آنالیز شیمیایی از پمپ و لوله های گاز یاب استفاده شده است. نمونه شیرابه زباله از ایستگاه موقت و کامیون جمع آوری کننده زباله های بیمارستانی طی ۴ مرحله زمانی تهیه و به آزمایشگاه ارسال گردید. به منظور نمونه برداری از گازهای خروجی از دودکش، از پمپ و لوله های گاز یاب مدرج بر حسب پی پی ام استفاده گردید و مقدار گازهای خروجی از دودکش دستگاه زباله سوز اندازه گیری شد. جهت تعیین اجزای زباله در هر فصل یک نمونه به وزن ۵۰ کیلوگرم تهیه و اجزای آن مشخص گردید. برای تعیین سرانه زباله به ازای هر تخت، درده روز ماه میانی هر فصل، زباله های کلیه بخش ها به تفکیک زباله های شبه خانگی و زباله های عفونی توزین و آنالیز گردید. نمونه گیری به صورت غیر احتمالی در ماه میانی هر فصل انجام گرفت. برای این منظور روز قبل به تعداد سطل های زباله موجود در بخش ها، کیسه زباله در دو رنگ مختلف یکی برای زباله های عفونی و دیگری برای سایر زباله های بیمارستانی (شبه خانگی) توزیع گردید. در هر فصل، با توزین زباله کلیه بخش ها به تفکیک زباله های شبه خانگی و زباله های عفونی، سرانه زباله های بیمارستانی به ازای هر تخت محاسبه گردید (۵).

سپس با توجه به نسبت وزنی زباله هر بخش و تعداد بخش ها، اجزای نمونه از قبیل پلاستیک، کاغذ، شیشه، فلزات و مواد تیز و برنده و غیره، جداسازی و توزین شد و درصد هر کدام مشخص گردید. کلیه زباله های منتقل شده از بخش ها، با نظارت کامل و با استفاده از ترازوی Seca و توزین شد، و با کم یا اضافه نمودن ۰/۵ تا ۱ کیلوگرم به کل زباله های توزین شده، انحراف یا خطای اندازه گیری ها پوشش

جدول ۱- اطلاعات عمومی بیمارستان های شهر شهرکرد

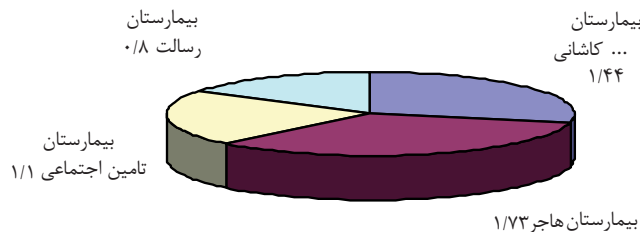
نام بیمارستان	نوع مالکیت بیمارستان	تعداد بخش ها	تعداد کارکنان	تعداد تخت های فعال	تعداد افراد فعال در امر جمع آوری زباله
آیت الله کاشانی	دولتی	۹	۵۱۰	۲۰۸	۲۴
هاجر (س)	دولتی	۱۸	۶۳۰	۳۴۵	۳۷
رسالت (چشم پزشکی)	دولتی	۱	۹۰	۳۸	۸
تأمین اجتماعی	دولتی	۱۰	۲۲۰	۱۹۲	۱۵

جدول ۲- اطلاعات کلی درمورد جمع آوری، نگهداری و دفع زباله های بیمارستانی شهر شهرکرد در سال ۱۳۸۴ - ۱۳۸۳

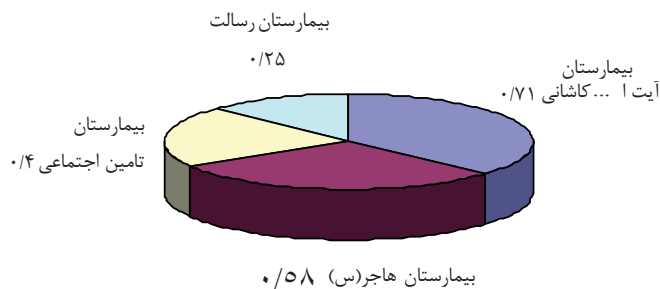
بیمارستان	بیمارستان آیت الله کاشانی	بیمارستان هاجر(س)	بیمارستان رسالت	بیمارستان تأمین اجتماعی
تفکیک زباله در بخش ها	در کیسه و سطل با رنگ های مجزا	در کیسه و سطل با رنگ های مجزا	در کیسه و سطل با رنگ های مجزا	در کیسه و سطل با رنگ های مجزا
تناوب جمع آوری زباله از بخش ها	پایان هر شیفت دارد	پایان هر شیفت دارد	پایان هر شیفت ندارد	پایان هر شیفت دارد
جایگاه موقت	از جنس مصالح مقاوم	از جنس مصالح مقاوم	ندارد	از جنس مصالح مقاوم
ساختمان جایگاه موقت	مجهز به شیر آب و مجرای فاضلاب رو	مجهز به شیر آب و مجرای فاضلاب رو	ندارد	مجهز به شیر آب و مجرای فاضلاب رو و فن
امکانات جایگاه موقت	کمتر از ۲۴ ساعت	کمتر از ۲۴ ساعت	ندارد	کمتر از ۲۴ ساعت
مدت زمان ماند زباله ها در جایگاه موقت	بیشتر از ۱۰۰ متر	بیشتر از ۱۰۰ متر	ندارد	بیش از ۱۰۰ متر
فاصله جایگاه موقت تا اولین بخش	به صورت مجزا	به صورت مجزا	به صورت مجزا	به صورت مجزا
روش حمل و نقل زباله های عفونی و غیر عفونی از جایگاه موقت به محل دفع نهایی	وانت سر پوشیده	وانت سر پوشیده	وانت سر پوشیده	وانت سر پوشیده
نوع ماشین زباله کش	ندارد	ندارد	دارد	دارد
دستگاه زباله سوز	آموزش پرسنل بیمارستان در رابطه با مواد زاید	آموزش داده شده	آموزش داده شده	آموزش داده شده
آموزش پرسنل بیمارستان در رابطه با مواد زاید	دفن به صورت مخلوط با زباله های شهری	دفن به صورت مخلوط با زباله های شهری	دفن به صورت مخلوط با زباله های شهری	دفن به صورت مخلوط با زباله های شهری
روش دفع نهایی زباله های شبه خانگی				

که در جداول ۱ و ۲ ارایه شده است. درصد این زباله ها عفونی بوده و متوسط زباله تولیدی برای بیمارستان های مورد مطالعه  $1/8 \text{ kg/Bed.day}$  می باشد (نمودارهای ۱ و ۲).

بر اساس یافته های این پژوهش، سالانه حدود ۵۴۰ تن زباله در چهار بیمارستان مورد مطالعه تولید می شود که حدود ۴۵



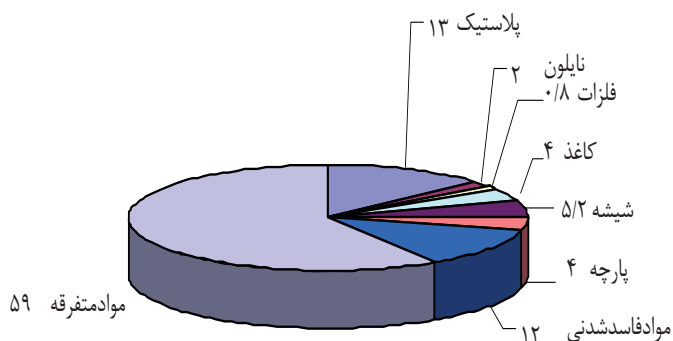
نمودار ۱- زباله های شبه خانگی در بیمارستان های شهرکرد (kg/bed.day) در سال ۸۴-۱۳۸۳



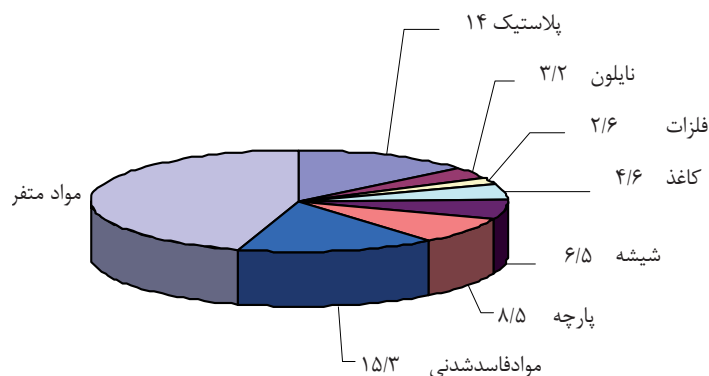
نمودار ۲- زباله های عفونی در بیمارستان های شهرکرد (kg/bed.day) در سال ۸۴-۱۳۸۳

در ۵۰ کیلوگرم زباله) می باشد. در نمودارهای ۳ تا ۵ توزیع فراوانی اجزای تشکیل دهنده مواد زاید بیمارستانی در سه بیمارستان از چهار بیمارستان مورد مطالعه نشان داده شده است. و در جدول ۳ مقدار اجزای زباله های عفونی به تفکیک زباله های نوک تیز، زباله های دارویی، زباله های رادیواکتیو و زباله های پاتولوژیک و همچنین در جدول ۴ درجه آلودگی شیرابه زباله های بیمارستانی برحسب BOD و COD ارایه گردیده است.

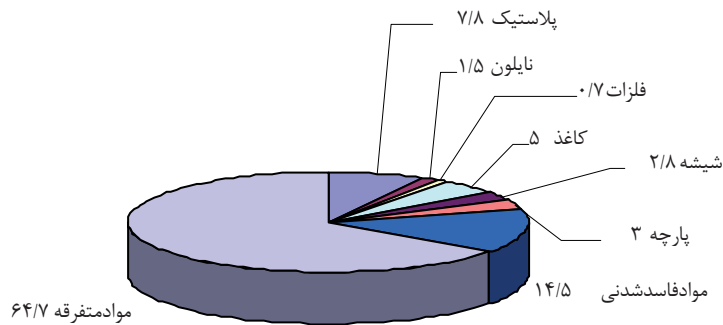
طبق نتایج آنالیز فیزیکی، بیشترین مقدار تولید زباله در بیمارستان هاجر به میزان ۴۶ درصد (۱۳۱۱۵ کیلوگرم) و کمترین مقدار آن در بیمارستان رسالت و به میزان ۴/۳ درصد (۱۲۱۵ کیلوگرم) بوده است. همچنین مقدار متوسط اجزای زباله های توزین شده طی ۴ مرحله نمونه برداری از زباله های بیمارستان های شهرکرد عبارت از پلاستیک ۵/۸ کیلوگرم، نایلون ۱/۱ کیلوگرم، فلزات ۰/۷ کیلوگرم، کاغذ ۲/۳ کیلوگرم، شیشه ۲/۲ کیلوگرم، پارچه ۲/۴ کیلوگرم، مواد فاسد شدنی ۷ کیلوگرم، انواع مواد متفرقه ۲۸/۵ کیلوگرم



نمودار ۳- درصد فراوانی نسبی اجزای تشکیل دهنده مواد زاید تولیدی در بیمارستان آیت الله کاشانی در سال ۸۴ - ۱۳۸۳



نمودار ۴- درصد فراوانی نسبی اجزای تشکیل دهنده مواد زاید تولیدی در بیمارستان هاجر (س) در سال ۸۴-۱۳۸۳



نمودار ۵- درصد فراوانی نسبی اجزای تشکیل دهنده مواد زاید تولیدی در بیمارستان تامین اجتماعی

جدول ۳- مقدار انواع زباله‌های عفونی تولیدی در بیمارستان های شهرکرد

بیمارستان	نوع زباله	زباله‌های نوک تیز (kg/day)	زباله‌های دارویی (kg/day)	زباله‌های رادیواکتیو (kg/day)	زباله‌های پاتولوژیک (kg/day)
آیت الله کاشانی		۰/۴	۰/۱	۰/۱	۱
هاجر(س)		۰/۳	۰/۱	۰/۱	۱/۳
تامین اجتماعی		۰/۳	۰/۱	۰/۱	-
رسالت		۰/۱	۰/۰۸	-	-

در جداول ۵ و ۶ نتایج بررسی چند پارامتر فنی - مهندسی، بهداشتی و زیست محیطی و اقتصادی مکان دفن زباله‌های بیمارستانی شهرکرد ارائه گردیده است.

جدول ۴- نتایج بررسی دو پارامتر BOD و COD شیرابه مربوط به مرکز دفن زباله شهرکرد در سال ۸۴ - ۱۳۸۳

پارامتر	BOD (mg/lit)	COD (mg/lit)
مرحله اول (پاییز)	۲۳۰۰۰	۳۵۰۰۰
مرحله دوم (زمستان)	۲۳۷۰۰	۳۵۰۰۰
مرحله سوم (بهار)	۱۶۲۰۰	۲۷۰۰۰
مرحله چهارم (تابستان)	۲۴۷۰۰	۳۵۵۰۰

جدول ۵- نتایج بررسی پارامترهای فنی - مهندسی و بهداشتی مکان دفن زباله شهرکرد

پارامتر بهداشتی	پراکندگی زباله در کنار جاده، مجاورت با مسیر سیلاب، جاری شدن شیرابه زباله، تولید گازویلی نامطبوع، خطر آلودگی منابع آب، خاک و هوا، خطر آتش سوزی در محل، دور بودن از مناطق مسکونی و تجاری
پارامتر فنی مهندسی	امکان دسترسی به مکان دفن در همه فصول سال، شرایط ژئوفیزیکی (مساحت محل دفن) خصوصیات جغرافیایی و هیدرولوژیکی مناسب است ولی از نظر خصوصیات جغرافیایی و هیدرولوژیکی، طراحی مکان دفن، پایش محل دفن و ایزولاسیون آن، پوشش روزانه و نهایی ترانشه‌ها نامناسب است

جدول ۶- هزینه‌های مکان دفن جهت زباله‌های بیمارستانی ( هزینه‌های اولیه و عملیاتی

عنوان هزینه‌ها	(ریال)
آماده سازی مکان دفن	۷۰/۰۰۰/۰۰۰
حفاری یا گود برداری	۶۰۰/۰۰۰/۰۰۰
هزینه پرسنل	۱/۰۸۰/۰۰۰/۰۰۰
نگهداری و تعمیر وسایل	۱۵۰/۰۰۰/۰۰۰
فراهم نمودن خاک و آهک	۱۹۰/۰۰۰/۰۰۰
متفرقه	۱۴۰/۰۰۰/۰۰۰
مهندسی و اجرا	۱۴۰/۰۰۰/۰۰۰
هزینه خرید زمین	۱۰/۰۰۸/۰۰۰
پایش	۳۶/۰۰۰/۰۰۰
هزینه حمل و نقل	۱۲۰/۰۰۰/۰۰۰
هزینه تاسیسات	۴۰۰/۰۰۰/۰۰۰
جمع کل	۲/۹۳۶/۰۰۸/۰۰۰

همچنین در جداول ۷، ۸، ۹ و ۱۰ نتایج بررسی چند پارامتر فنی-مهندسی، بهداشتی و زیست محیطی و اقتصادی می گردد.

روش سوزاندن با دستگاه زباله سوز و مقدار آلاینده های

#### جدول ۷- نتایج بررسی پارامترهای فنی مهندسی و بهداشتی دستگاه زباله سوز

وضعیت	پارامتر
وجود دارد	تولید گازهای سمی و خطرناک و دود و ذرات خاکستر پراکنده در جو (دی اکسید هائوفورانها)
وجود دارد	خطر آلودگی منابع آب و خاک
وجود دارد	اثر زیست محیطی و خطر سرطان زایی روی بدن انسان (کاهش وزن، ضعف سیستم ایمنی و اثرات پوستی)
وجود دارد	عدم از بین بردن مواد شیمیایی و دارویی مقاوم به حرارت
وجود دارد	مجاورت با مناطق مسکونی
نا مناسب	محل نصب دستگاه زباله سوز نسبت به مناطق مسکونی
مناسب	کاهش حجم و وزن مواد زاید
نا مناسب	حضور اپراتور آموزش دیده
مناسب	محصور بودن اتاقک دستگاه زباله سوز
نا مناسب	نصب فیلتر تصفیه جهت گازهای خروجی

جدول ۸- بر آورد هزینه های سرمایه گذاری اولیه مورد نیاز جهت استفاده از دستگاه زباله سوز

عنوان هزینه ها	(ریال)
۲ نفر کارگر در یک نوبت	۷۲/۰۰۰/۰۰۰
تعمیر و نگهداری (۳ بار در سال)	۳۵/۰۰۰/۰۰۰
هزینه آب مصرفی	۳/۰۰۰/۰۰۰
هزینه برق مصرفی	۱۱/۶۰۰/۰۰۰
هزینه سوخت مصرفی	۱۱/۶۰۰/۰۰۰
هزینه دفع خاکستر	۵/۷۶۰/۰۰۰
حمل و نقل و ...	۵۰/۰۰۰/۰۰۰
جمع کل	۱۹۸/۳۶۰/۰۰۰

عنوان هزینه ها	(ریال)
زمین مورد نیاز	۴۰۰/۰۰۰/۰۰۰
قیمت دستگاه	۲۴۰/۰۰۰/۰۰۰

جدول ۱۰- مقدار آلاینده های خروجی از دستگاه زباله سوز

نوع گاز	CO	SO <sub>2</sub>	Cl <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
غلظت (ppm)	۵۰	۲	۱/۵	۵	۴۰۰

در جداول ۱۱ و ۱۲ نیز نتایج بررسی چند پارامتر فنی-مهندسی، بهداشتی و زیست محیطی و اقتصادی روش

جدول ۱۱- بررسی پارامترهای فنی-مهندسی و بهداشتی روش استفاده مشترک از اتوکلاو و پرتو دهی

۱	تشدید اثر میکروب کشی توسط یکدیگر (باکتری ها و حتی ویروس ها و اسپورباکتری ها)
۲	سرعت و راندمان گندزدایی بالا در واحد زمان (۲۰۰ تا ۶۰۰ لیتر در ساعت)
۳	عدم نیاز به خرد کردن مواد زاید جامد
۴	کوتاه بودن مدت زمان مورد نیاز برای هر سیکل کاری (بین ۱۰ تا ۳۰ دقیقه)
۵	عدم نیاز به ذخیره سازی و انبار کردن مواد زاید (استریلیزاسیون مستقیم)
۶	انطباق شرایط ساختاری و عملکردی دستگاه با ضوابط و مقررات زیست محیطی
۷	حفظ قابلیت بازیافت مواد مفید موجود در زباله (آلیاژهای فلزی و پلاستیک های نوع PVC و لاتکس)
۸	کاهش هزینه ها و بهبود راندمان مالی اقتصادی کار
۹	نصب و بهره برداری آسان و مطمئن و عدم نیاز به برخورداری از تخصص خاصی برای اپراتور
۱۰	ایمنی بالای دستگاه به علت بسته بودن درب آن در تمام طول مدت کار، عدم نشت بخار داغ و تشعشع امواج
۱۱	کنترل آسان مراحل انجام کار به علت مجهز بودن دستگاه به سیستم کامپیوتری و مانومتر جهت اندازه گیری فشار و دما
۱۲	اندازه و حجم مناسب دستگاه (حداقل یک متر مکعب) و امکان اتصال نمودن دستگاه ها به صورت سری به یکدیگر با توجه به مقدار و حجم زباله
۱۳	امکان جا به جا کردن دستگاه و انتقال آن به بخش های مختلف
۱۴	عدم تولید بو و سروصدا
۱۵	دفع ایمن مواد زاید استریل شده به همراه مواد زاید خانگی و عدم نیاز به روش دفع جداگانه
۱۶	عدم نیاز به افزودن مواد شیمیایی

جدول ۶- هزینه‌های مکان دفن جهت زباله‌های بیمارستانی ( هزینه‌های اولیه و عملیاتی)

عنوان هزینه‌ها	(ریال)
سرمایه گذاری اولیه دستگاه	۸۰۰/۰۰۰/۰۰۰
تعمیر و نگهداری (درسال)	۲۵/۰۰۰/۰۰۰
آب مصرفی (درسال)	۱/۰۰۰/۰۰۰
برق مصرفی (درسال)	۵/۰۰۰/۰۰۰
بازیافت مواد اولیه (درسال)	۱۳/۰۰۰/۰۰۰
اپراتور (درسال)	۳۶/۰۰۰/۰۰۰
جمع کل	۸۸۰/۰۰۰/۰۰۰

### بحث و نتیجه گیری و پیشنهادات

در روش دفن، از نظر بهداشتی چگالی زباله‌های بیمارستانی  $3 \text{ kg/m}^3$  و مقادیر BOD و COD به ترتیب  $21/900$  و  $33/125$  میلی گرم برلیتر است که تصفیه و پالایش آن قبل از تخلیه به محیط ضروری می‌باشد. همچنین به دلیل نزدیکی مکان دفن به منابع آب، احتمال آلودگی آب وجود داشته و باعث تجمع حشرات و حیوانات در منطقه و تولید گازهای گلخانه ای و بو و پراکندگی اشیای سبک در منطقه خواهد شد. از نظر فنی، مساحت و حجم مورد نیاز مکان دفن برای زباله‌های بیمارستانی به ترتیب  $2 \text{ m}^2$  و  $3 \text{ m}^3$  می‌باشد که باید طول و عرض و عمق ترانشه‌ها به ترتیب  $4 \times 10 \times 10$  انتخاب گردد. از نظر اقتصادی نیز هزینه ای معادل با  $293,680,000,000$  ریال مورد نیاز است. در روش سوزاندن، از نظر بهداشتی تولید گازهای سمی و خطرناک، آلودگی آب و خاک و هوا و اثرات زیست محیطی وجود دارد و مقدار گازهای خروجی از دستگاه زباله سوز بیش از حد استانداردهای سازمان بهداشت جهانی و اتحادیه اروپا و آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا است. از نظر فنی، دستگاه زباله سوزی به ابعاد  $1 \times 1/5 \times 3$  متر و ظرفیت  $150 \text{ kg/h}$  و مجهز به فیلتر تصفیه مورد نیاز است، اما به دلیل تولید گازهای سمی و خطرناک، مجاورت با مناطق مسکونی و آلودگی آب، خاک و هوا، مؤثر نبودن بر مواد زاید شیمیایی و دارویی، نامناسب است. از نظر اقتصادی، هزینه

های این روش  $293/680/000/000$  ریال می‌باشد. در زمینه استریلیزاسیون چندین روش از جمله اتوکلاو، هیدروکلارو، سی جی ام بی، پرتو دهی و روش مشترک مورد بررسی قرار گرفت. جهت بهبود دفع زباله‌ها و کاهش هزینه‌های مربوطه، به کارگیری همزمان چند روش با یکدیگر بسیار مناسب است. از نظر بهداشتی ویژگی‌های ساختاری آن با ضوابط و مقررات زیست محیطی منطبق بوده و تولید بو و سرو صدا نمی‌کند، دفع ایمن مواد زاید استریل شده به همراه مواد زاید خانگی، عدم نیاز به افزودن مواد شیمیایی، از بین بردن آلودگی در منبع تولید از مزایای این روش است. از نظر فنی اندازه و حجم و ابعاد آن قابل تغییر است و نصب و بهره برداری از آن آسان است. برای دفع زباله‌های بیمارستانی شهرکرد دستگاهی به ابعاد  $110 \times 85 \times 120$  سانتی متر مناسب می‌باشد که به سهولت در بین بخش‌ها قابل جا به جایی بوده و در کشور موجود و در دسترس است از نظر اقتصادی نیز هزینه تهیه هر دستگاه  $800,000,000$  ریال و هزینه بهره برداری سالانه آن  $80,000,000$  ریال می‌باشد. با توجه به اثرات بهداشتی و زیست محیطی، فنی و بهداشتی و اقتصادی روش‌های دفن بهداشتی و سوزاندن مواد زاید بیمارستانی می‌توان نتیجه گرفت که این روش‌ها، مناسب نبوده و باید از روش‌های مدرن تری نظیر استریلیزاسیون باتوجه به شرایط خاص منطقه مورد نظر استفاده نمود.

باتوجه به نتایج تحقیق موارد زیر پیشنهاد می‌گردد:

- ۱- با توجه به امکانات موجود در منطقه و اثرات زیست محیطی و مقایسه هزینه‌های اقتصادی و جنبه‌های فنی، استفاده از روش‌های مدرن دفع مواد زاید بیمارستانی نظیر روش‌های استریلیزاسیون، پرتو دهی، هیدروکلارو و اتوکلاو نمودن زباله‌های بیمارستانی پیشنهاد می‌گردد.
- ۲- پیشنهاد می‌شود قبل از انتخاب روش دفع زباله‌های بیمارستانی و به کارگیری وجوه سرمایه، آنالیز کمی ترکیب زباله و تعیین روند تفکیک بیشتر در مبدأ جهت تقویت توجیه فنی و اقتصادی انجام گیرد.
- ۳- سیاست‌های مربوط به بهداشت محیط و محیط زیست و استفاده از کاترهای آغشته به مواد ضد عفونی کننده و انجام مطالعات اپیدمیولوژیکی برای تعیین میزان خطر



6. Pruss, Ant et al., 1999, «Safe Management of Wastes from Health - Care Activites Publisher», World Health Organization.
7. Daschner, A., et al., 2000, «Practical Guid for Optimizing the Disposal of Hospital Wastes».
8. Joej. Myhew, & Timothy G. Shea, 1983, «A Comparative Assessment of Incinerators Versus Landfills for Hazardous Waste Management», proceeding of the 38th Industrial Waste Conference.
9. WWW.EPA. org/ Infections waste in hospital, 2006.
10. WHO, «Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water», 20th Edition.
- ۴- افرادی که در این حرفه قرار دارند، اعمال گردد. برگزار نمودن جلسات آموزشی برای کارکنان و افرادی که در امر جمع آوری زباله فعالیت می کنند و مجهز شدن مدیران بیمارستان ها و مسئولین امور شهری به دانش روز مدیریت مواد زاید بیمارستانی و برگزار نمودن سمینارهای تخصصی در خصوص مواد زاید بیمارستانی، مورد توجه خاص قرار گیرد.
- ۵- ضروریست برای بیمارستان های شهرکرد، تیم مدیریت زباله تشکیل و در اجرای قوانین و بهینه سازی سیستم ها اقدامات لازم را انجام دهند. همچنین واگذاری تسهیلات مالی جهت دفع اصولی و مهندسی ضایعات و پسماندهای ویژه بیمارستانی مورد نظر قرار گرفته و حمایت از شرکت های سازنده صنایع داخلی به ویژه دستگاه های تصفیه و دفع مواد زاید بیمارستانی و ماشین آلات حمایت شود.

## منابع

۱. انصاری، ح.، آذر، ف.، و عبادی، ف.، ۱۳۸۲، «گندزدایی و دفع پسماندهای بیمارستانی» انتشارات اشارت
۲. اسدی، ع.، مقدس، ح.، ۱۳۸۴، «دی اکسین در محیط زیست»، مجموعه مقالات هشتمین همایش بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تهران
۳. نکدستان، ا.، جعفرزاده، ن.، ۱۳۸۴، «مدیریت صحیح کاهش، تصفیه و دفع پسماندهای بیمارستانی»، مجموعه مقالات هشتمین همایش بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تهران
۴. سازمان بازیافت و تبدیل مواد، «مجموعه مقالات همایش روز زمین پاک و مدیریت پسماندها»، ۱۳۸۴، شهرداری تهران
۵. عمرانی، ق.، ۱۳۷۳، «مواد زاید جامد جلد اول»، انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی



## بررسی مواد زاید خطرناک صنعتی. مطالعه موردی در استان فارس

پریا امیریان

کارشناسی ارشد مهندسی منابع طبیعی، علوم محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات اهواز  
(عهده دار مکاتبات)

ناصر طالب بیدختی

استاد دانشکده مهندسی، دانشگاه شیراز

نعمت الله جعفرزاده حقیقی فرد

استادیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اهواز

رامین نبی زاده

استادیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

تاریخ دریافت: ۸۴/۱۱/۲۰

تاریخ پذیرش: ۸۵/۴/۳

### چکیده

مواد زاید خطرناک از منابع متعدد صنعتی، تجاری، کشاورزی و حتی خانگی تولید می شوند. خطرات ناشی از این گونه مواد بر حسب نوع ماده زاید خطرناک و شرایط محیط می تواند بسیار متفاوت باشد و اثرات متفاوت اعم از حاد، مزمن، کوتاه مدت و دراز مدت مورد انتظار است. با توجه به ملاحظات بهداشتی و اقتصادی انگیزه انجام مطالعه ای برای شناسایی مواد زاید خطرناک صنعتی در استان فارس که نقش مهمی در روند رو به رشد صنعت کشور دارد، ایجاد گردید. در این پژوهش ۱۰۱ واحد صنعتی مهم انتخاب و داده های لازم از طریق پرسشنامه، مصاحبه حضوری با مسئولین واحدها و رجوع به مدارک موجود استخراج گردید. اطلاعات دربر دارنده نوع و میزان مواد زاید، نحوه نگهداری موقت، تناوب تخلیه، نحوه دفع نهایی، و وضعیت بازیافت و استفاده مجدد و... می باشد. همچنین جهت ذخیره سازی و تجزیه و تحلیل داده ها اقدام به ایجاد بانک اطلاعاتی مواد زاید گردید. نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل اطلاعات بدون در نظر گرفتن فاضلاب های صنعتی کنترل نشده، حاکی از تولید ۳۰۱۱۲۷۷/۱ تن مواد زاید در سال می باشد که از این میان، در حدود ۲۵۰۵/۵۲ تن (طبق لیست موجود در کنوانسیون بازل) تحت عنوان مواد زاید خطرناک طبقه بندی شده اند که در حدود ۱۳/۴۲٪ از این نوع مواد دارای ویژگی سمیت هستند. سهم حالات فیزیکی مایع و جامد به ترتیب ۷۲/۱۲٪ و ۱۲/۶۳٪ می باشد. گفتنی است که در مورد ۲۲/۹۲٪ از این مواد نگهداری موقتی صورت نمی پذیرد، بررسی اطلاعات مربوط به نحوه دفع نهایی نشان دهنده آن است که در حدود ۲۷/۶۶٪ مواد زاید خطرناک بدون هیچ کنترلی به محیط زیست تخلیه می شوند، همچنین کلیه جنبه های مورد نظر در مدیریت مواد زاید، خصوصاً مواد زاید خطرناک به تفکیک پردازش شده و نتایج آن آرایه گردیده است.

**واژه های کلیدی: مواد زاید خطرناک صنعتی، کنوانسیون بازل، بانک اطلاعاتی، استان فارس.**

### مقدمه

محیط زیست را تشکیل می دهد. خصوصاً در دهه اخیر با توجه به رشد سریع تکنولوژی و صنایع و کشف آثار ویرانگر ضایعات خطرناک ناشی از فعالیت های صنعتی که سلامت محیط زیست، آب و هوا، گونه های گیاهی و جانوری و جو را تحت الشعاع قرار داده است و هر روز اخبار نگران کننده ای در مورد عواقب و اثرات سوء نشر این آلودگی ها انتشار می یابد. در چند ساله اخیر، جهانیان به کرات نام هایی از قبیل سوسو (Seveso)، لائو کانال (Love canal)،

امروزه رشد روزافزون جمعیت موجب افزایش مصرف درهمه ابعاد خود شده است. از سویی ارتقای تکنولوژی، گسترش و توسعه صنایع گوناگون و دستیابی به انواع محصولات و مواد متنوع از اهداف اصلی دولت ها، شرکت ها، سازمان های دولتی و خصوصی است و از سوی دیگر مواد زاید مربوط به مصرف این مواد و کالاها و آلودگی و پسماندهای ناشی از تولید آن ها بخش چشمگیری از کل آلودگی های

خواهد بود. در استان فارس به دلیل عدم انجام مطالعات شناسایی مواد زاید در مقیاس وسیع، اطلاعات اندکی در این زمینه وجود دارد و در حال حاضر به علت فقدان يك سیستم جمع آوری و پردازش داده‌های موجود، بی اطمینانی‌های بسیار زیادی در این خصوص وجود دارد که نهایتاً قدرت تصمیم‌گیری و عملکرد در بسیاری از زمینه‌ها را سلب خواهد نمود. در این پژوهش هدف اصلی، جمع آوری داده‌های لازم و ارایه توصیف کلی از وضعیت کنونی مواد زاید صنعتی استان فارس می‌باشد با انجام این مطالعات و داده‌هایی که به دست خواهند آمد و همچنین با ارایه يك سیستم بانک اطلاعاتی (پایگاه داده) قادر به توسعه اطلاعات از طریق ایجاد يك سیستم جمع‌آوری داده‌ها خواهیم بود. نقش اطلاعات جمع آوری شده در این سیستم در کاهش بی اطمینانی، تصحیح استراتژی و ارزیابی عملکرد سیستم مدیریت بسیار مهم است.

#### وسایل و روش‌ها

مراحلی که در این پژوهش جهت انتخاب نمونه طی شده است عبارتند از:

- تهیه لیست کامل واحدهای صنعتی موجود در استان
- غربالگری جهت حذف مواردی که اهمیت بررسی ندارند و یا بسیار کم اهمیت هستند.
- انتخاب نمونه‌ها پس از غربالگری برحسب معیارهای تعیین اولویت و اهمیت

جهت کسب اطلاعات در مورد واحدهای صنعتی استان فارس از بانک اطلاعاتی سازمان صنایع و معادن استان فارس استفاده شده است. بر طبق آمار ارایه شده در حال حاضر ۲۸۵۰ واحد صنعتی در ۲۲ گروه صنعتی در استان فارس مشغول فعالیت هستند، که گروه صنعتی تولید محصولات کانی غیرفلزی با اختصاص ۳۵٪ از کل صنایع استان بیشترین تعداد کارگاه‌های صنعتی را به خود اختصاص داده است. علاوه بر آن عمده کارگاه‌ها و صنایع (حدود ۶۴٪) در شهرستان شیراز متمرکز هستند. به منظور انتخاب نمونه مناسب به گونه‌ای که بیشترین پوشش بر اهداف مطالعه حاصل شود، مطابق با روش EPA (آژانس

لکرکک (Lekkerkerk)، ساحل تیمز (times beach) و بسیاری نام‌های دیگر را شنیده‌اند، همه این اسامی با پسماندهای زاینبار یا سمی، پسماندهای حاصل از تجارت و صنعت خصوصاً صنایع شیمیایی ارتباط دارند. فهرست این اسامی بی‌پایان است، زیرا هزاران لکه سیاه در سراسر جهان پراکنده‌اند(۱). بروز بلايا و مصیبت‌هایی که عملاً بر محیط زیست وارد شده، مرزی بین "مواد زاید خطرناک" و آنچه که عمده‌تاً تحت عنوان مواد زاید مورد بررسی قرار می‌گیرد، ایجاد نموده است. تولید سالانه چیزی در حدود ۴۰۰ میلیون تن مواد زاید خطرناک در جهان بیانگر در مخاطره بودن محیط زیست توسط این مواد می‌باشد (۲). این مواد با دارا بودن پتانسیل بیماری‌زایی از جمله سرطان‌زایی و اثرات ناهنجار در محیط مورد توجه پژوهشگران محیط زیست قرار گرفته و تلاش شایان توجهی در رفع معضلات زیست محیطی ناشی از این مواد و کنترل و مدیریت هرچه بهتر این مواد صورت می‌پذیرد. گرچه منابع تولید مواد زاید خطرناک، بسیار متعدد و متنوع هستند ولی عمده‌ترین منبع تولید آن‌ها را فعالیت‌های صنعتی تشکیل می‌دهند(۳). لذا توجه به مواد زاید خطرناک در روند شکوفایی صنعتی کشور جمهوری اسلامی ایران بسیار حایز اهمیت است. زیرا در صورت کوتاهی در انجام این امر مهم و ضروری باید شاهد اثرات جبران ناپذیر زیست محیطی و یا ازدیاد مصیبت‌هایی به مراتب بدتر و شدیدتر از سایر کشورها باشیم. از طرفی متحمل شدن هزینه‌های گزاف جهت برطرف کردن آلودگی‌های ناشی از این گونه مواد آلوده‌کننده از محیط زیست (حتی در صورت امکان) مانعی جدی بر سر راه توسعه اقتصادی کشور خواهد بود. با توجه به شرایط کنونی کشور و توسعه روزافزون فعالیت‌های صنعتی، نیاز به ایجاد يك سیستم کنترل و مدیریت مواد زاید خطرناک احساس می‌شود و همواره جهت ایجاد یک سیستم برای کنترل و مدیریت مواد زاید خطرناک باید ابتدا منابع ایجاد این مواد زاید و همچنین کمیت و کیفیت آن‌ها را تا حد امکان به درستی شناخت. لازم به ذکر است که دقت در مطالعاتی که در این مرحله صورت می‌گیرد و داده‌هایی که در این مرحله به دست خواهد آمد، پایه و مرجع تصمیمات در مراحل بعدی

تعطیل شدن غیرمترقبه و یا هر دلیل دیگر جهت مطالعه در دسترس نبودند، سعی شد که با موارد مشابه جایگزین شوند. همان طور که در بالا ذکر شد طی غربالگری موارد بی اهمیت و کم اهمیت از فهرست مزبور حذف گردیدند و بر واحدهایی که اهمیت بیشتری داشته و کرارا در مقالات و کتب مرجع، سازمان ها و ارگان های معتبر جهانی نظیر آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا، قانون حفاظت و بازیابی از منابع و کنوانسیون بازل(۱) مورد تاکید قرار گرفته اند، تاکید بیشتری گردید، و در نهایت ۱۰۱ نمونه جهت بررسی انتخاب شد. (جدول ۱)

پرسشنامه به عنوان موثرترین وسیله جمع آوری اطلاعات در این پژوهش به کار برده شده است طبق گزارشات بانک جهانی در بسیاری از کشورهای در حال توسعه از این روش به طور موفق استفاده شده است، چرا که بهترین و تا حدودی دقیق ترین اطلاعات نزد صاحبان صنایع و مسئولین فنی که درگیر با مشکلات مربوط به مواد زاید و به طور خاص مواد

حفاظت محیط زیست آمریکا) ابتدا تعدادی از ۲۸۵۰ واحد مزبور حذف گردید. از آنجا که مواد زاید خطرناک بیشتر در صناعی که خصلت تولیدی یا استخراجی دارند تولید می شود، لذا می توان بدون پدید آمدن تورش خاصی بسیاری از فعالیت ها و واحدها را از روند مطالعه خارج ساخت، لذا واحدها و حتی فعالیت هایی که طبیعتاً به دلیل عدم مصرف مواد خطرناک و نوع فرایندهای تولید قادر به ایجاد مواد زاید خطرناک نبودند از فهرست حذف شدند. به عنوان نمونه در گروه تولید محصولات کانی غیر فلزی و تعداد زیادی از واحدهای دوزندگی و واحدهای مونتاژ این موارد زیاد مشاهده شد، به همین جهت این قبیل موارد از روند مطالعه حذف گردیدند. نکته در خور توجه این است که در انتخاب نمونه در مورد صناعی که به لحاظ تولید مواد زاید خطرناک در اولویت قرار دارند (مثل دباغی ها) به جای نمونه گیری، کلیه موارد مورد بررسی قرار گرفتند، همچنین در مورد آن واحدهای انتخابی که بنا به علل اجرایی و یا

جدول ۱- گروه های صنعتی موجود، تعداد واحدهای فعال در هر گروه صنعتی و تعداد واحدهای انتخاب شده جهت بررسی در استان فارس (۱۳۸۴- استان فارس)

کد دورقمی	نام گروه صنعتی	تعداد واحدهای فعال	تعداد واحدهای انتخاب شده جهت بررسی
۱۵	محصولات غذایی و آشامیدنی ها	۴۰۴	۱۰
۱۷	ساخت منسوجات	۶۴	۱۴
۱۸	پوشاک و عمل آوردن پوست خز	۶۸	۰
۱۹	دباغی، چرم، کیف، چمدان، کفش	۵	۲
۲۰	چوب و محصولات چوبی به جز میل	۷۲	۱
۲۱	ساخت کاغذ و محصولات کاغذی	۸۷	۲
۲۲	انتشار، چاپ و تکثیر	۱۲	۳
۲۳	کک و فراورده های حاصل از نفت	۲۳	۵
۲۴	ساخت مواد و محصولات شیمیایی	۱۴۰	۱۸
۲۵	محصولات از لاستیک و پلاستیک	۲۴۴	۴
۲۶	سایر محصولات کانی غیر فلزی	۱۰۰۵	۱۳
۲۷	ساخت فلزات اساسی	۲۹	۸
۲۸	محصولات فلزی فابریکی	۳۰۰	۱۱
۲۹	ساخت ماشین آلات و تجهیزات	۱۸۲	۵
۳۰	ماشین آلات دفتری و حسابداری	۲۹	۰
۳۱	ماشین آلات و دستگاه های برقی	۵۵	۱
۳۲	رادیو، تلویزیون و وسایل ارتباطی	۲۶	۳
۳۳	ابزار پزشکی، اپتیکی، ساعت	۱۶	۰
۳۴	وسایل نقلیه موتوری	۳۴	۰
۳۵	سایر تجهیزات حمل و نقل	۱۱	۱
۳۶	مبلمان و سایر مصنوعات	۳۹	۰
۳۷	باز یافت	۵	۰
	مجموع	۲۸۵۰	۱۰۱

زاید خطرناک هستند، موجود می باشد.

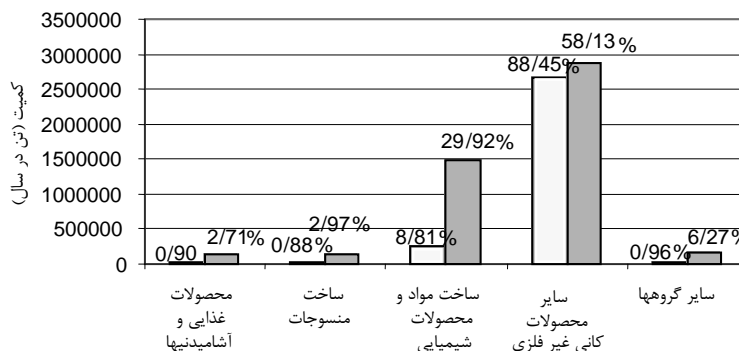
لازم به ذکر است که پرسشنامه به صورت حضوری و در قالب یک مصاحبه تکمیل گردیده است. پرسش ها بر حسب مورد به صورت باز یا بسته مطرح شده اند. پرسشنامه در ۱۰ صفحه تنظیم گردیده و شامل پرسش هایی در خصوص نوع زواید، حالت فیزیکی، خصوصیت، کمیت، نحوه نگهداری موقت، تناوب تخلیه، دفع نهایی، بازیافت و... می باشد. ضمیمه کردن پرسشنامه به مقاله مرسوم نیست!

در این پژوهش جهت ذخیره سازی ، بازیابی و پردازش اطلاعات با استفاده از نرم افزار Microsoft Access XP اقدام به ایجاد یک سیستم بانک اطلاعاتی گردید. با وجود یک سیستم بانک اطلاعاتی می توان با اجرای یک برنامه منظم مرتباً اطلاعات مورد نیاز را اخذ و به هنگام نمود و در صورت لزوم و در اسرع وقت آن ها را تجزیه و تحلیل کرد. همچنین لازم به ذکر است که به علت وجود ابهام در خصوص گنجاندن فاضلاب های صنعتی کنترل نشده در

زمره مدیریت مواد زاید خطرناک، داده ها در دو حالت، یکی با در نظرگرفتن فاضلاب های صنعتی کنترل نشده و دیگری بدون در نظرگرفتن آن ها و با در نظر گرفتن کلیه تفکیک های لازم پردازش گردید که نتایج آن در بخش بعدی قابل ملاحظه می باشد.

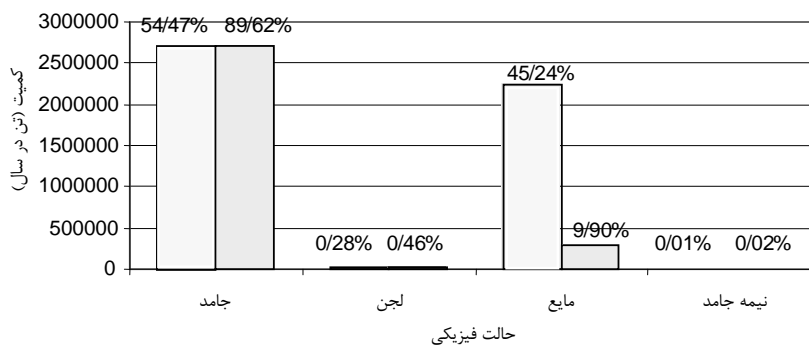
**نتایج**

با در نظرگرفتن فاضلاب های تصفیه نشده در نمونه های مورد بررسی میزان ۴,۹۵۴,۱۶۱/۸۵ تن مواد زاید در سال تولید می گردد که ۵۸/۱۳٪ مربوط به گروه ساخت محصولات کانی غیرفلزی و میزان ۲۹/۹۲٪ مربوط به گروه ساخت مواد و محصولات شیمیایی می باشد. با حذف داده های مربوط به فاضلاب های صنعتی کنترل نشده در پردازش، کل میزان مواد زاید ثبت شده در واحدهای مورد بررسی به ۳,۰۱۱,۲۷۷/۱ تن در سال تنزل می یابد، که در این حالت ۸۸/۴۵٪ تولید مواد زاید مربوط به گروه صنعتی



نمودار ۱- سهم گروه های مختلف صنعتی در تولید مواد زاید با در نظرگرفتن فاضلاب ها و حذف آن ها (۱۳۸۴- استان فارس)

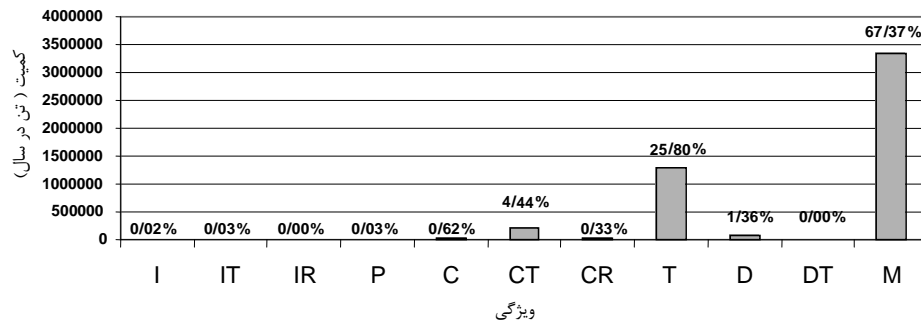
با در نظرگرفتن فاضلاب های صنعتی کنترل نشده سهم مواد زاید جامد، مایع ، لجن و نیمه جامد به ترتیب ۵۴/۴۷٪ ، این حالت می باشد( نمودار ۲).



نمودار ۲- سهم حالات فیزیکی مختلف مواد زاید تولید شده با در نظرگرفتن فاضلاب ها و حذف آن ها (۱۳۸۴- استان فارس)

هستند لازم به ذکر است که داشتن این ویژگی به این مفهوم نیست که ماده زاید هیچگونه خطری برای محیط ندارد، بلکه یک ماده زاید می تواند در شرایط خاصی خطرناک باشد و تحت شرایط دیگر مخاطره ای ایجاد نکند ( نمودار ۳).

در مورد خصوصیات کل مواد زاید ثبت شده در واحدهای مورد بررسی (۴،۹۵۴،۱۶۱/۸۵ تن در سال) در حدود ۳۰/۲۴٪ مواد دارای ویژگی سمیت (به صورت منفرد یا ترکیبی)، ۴/۴۴٪ دارای ویژگی (خورنده - سمی) و در حدود ۶۷/۳۷٪ مواد زاید دارای ویژگی متفرقه



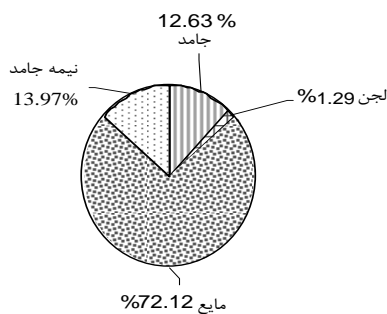
I: (ignitable) اشتعال پذیر      T: (toxic) سمی      R: (reactivity) میل ترکیبی شدید  
 P: (permanent) پایداری در محیط      C: (corrosive) خورنده      D: (decayable) فساد پذیر  
 M: (miscellaneous) متفرقه

نمودار ۳- سهم ویژگیهای مختلف مواد زاید تولید شده با در نظر گرفتن فاضلاب های صنعتی تصفیه نشده (۱۳۸۴- استان فارس)

بازل بوده و ۱۰۰٪ خطرناک تلقی می شود. گروه های صنعتی تولید محصولات فلزی فابریکی و تولید مواد و محصولات شیمیایی از عمده ترین منابع تولید این نوع مواد زاید در استان فارس محسوب می شوند. عمده ترین حالات فیزیکی مشاهده شده مربوط به مایعات (حدود ۷۲/۱۲٪) می باشد (نمودار ۴).

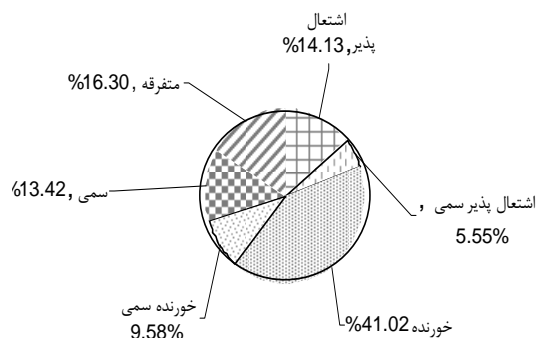
حدود ۴۱/۰۲٪ از این ضایعات دارای ویژگی خوردگی و ۱۳/۴۲٪ دارای ویژگی سمیت هستند ( نمودار ۵).

وضعیت دفع نهایی مواد زاید ثبت شده در واحدها حاکی از آن است که در سال حدود ۳۲/۳۱٪ (۱،۶۰۰،۶۵۲/۱۱) از کل مواد زاید بدون هیچ کنترلی به محیط زیست تخلیه می شود و در مورد حدود ۶۶/۹۷٪ از سایر روش های دفع همچون تخلیه در لاگون ها، تخلیه در چاه جاذب، تخلیه در شبکه فاضلاب، فروش و... استفاده می شود. لازم به ذکر است که در حدود ۲۵۰۵/۵۲ تن از کل مواد زاید ثبت شده، مطابق با فهرست مواد زاید خطرناک ارایه شده توسط کنوانسیون



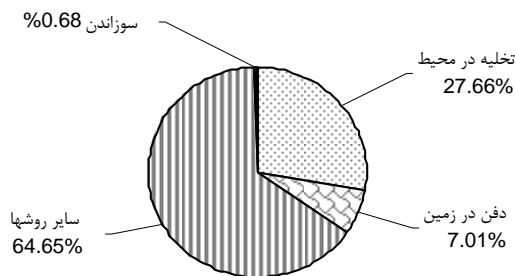
نمودار ۵- سهم ویژگی های مختلف مواد زاید خطرناک (طبق فهرست بازل) (۱۳۸۴- استان فارس)

های همچون تخلیه در سیستم فاضلاب شهری، دفن در معادن متروکه، فروش و... دفع می گردد ( نمودار ۶).



نمودار ۶- سهم حالات فیزیکی مواد زاید خطرناک (طبق فهرست بازل) (۱۳۸۴- استان فارس)

در مورد نحوه دفع ضایعات خطرناک گفتنی است که در حدود ۲۷/۶۶٪ این ضایعات بدون کنترل در محیط تخلیه می شود و ۶۴/۶۵٪ ضایعات خطرناک با استفاده از سایر روش



نمودار ۶- سهم روش های مختلف دفع مواد زاید خطرناک (طبق فهرست بازل) (۱۳۸۴- استان فارس)

### بحث و نتیجه گیری

- در طی این تحقیق میزان ۴،۹۵۴،۱۶۱/۸۵ تن مواد زاید از ۱۰۱ واحد صنعتی، در طی یک سال مطالعه (از پاییز ۸۳ تا پاییز ۸۴) برآورد شده است که از این میزان، ۱،۹۴۲،۸۸۴/۷۵ تن متعلق به فاضلاب های صنعتی می باشد.
  - سهم عمده مواد زاید تولیدی مربوط به گروه های صنعتی تولید مواد و محصولات شیمیایی و محصولات کانی غیر فلزی است.
  - سهم مواد زاید جامد، مایع، نیمه جامد و لجن به ترتیب ۵۴/۴۷٪، ۴۵/۲۴٪، ۰/۰۱٪ و ۰/۲۸٪ می باشد.
  - اگرچه در نظام مدیریت محیط زیست کنونی ایران آیین نامه ها، استانداردها و مقرراتی جهت کنترل فاضلاب های صنعتی در نظر گرفته شده است، لیکن روند اجرایی در این خصوص بسیار کند بوده و در ضمن نظام صحیحی برای کنترل و پایش تسهیلات تصفیه ای که ندرتا در این خصوص به کار گرفته شده اند وجود ندارد. تقلیل کل مواد زاید از ۴،۹۵۴،۱۶۱/۸۵ تن در سال به میزان ۳،۰۱۱،۲۷۷/۱ تن در سال، در صورت حذف فاضلاب های صنعتی گواهی جهت اثبات این مطلب است. به عبارت دیگر نظام اجرایی در امر کنترل فاضلاب های صنعتی از نظر عملکرد مناسب نبوده و با توجه به رشد روزافزون صنعت، توانایی دستیابی به اهداف مدیریت محیط زیست را، که همانا حفظ سلامتی انسان و محیط زیست می باشد نخواهد داشت.
  - در صورت مستثنی کردن فاضلاب های صنعتی و پردازش اطلاعات مربوطه مشاهده می شود که باز هم سهم غالب مواد زاید را مواد زاید جامد تشکیل می
- دهند (حدود ۸۹/۶۲٪).
  - در حدود ۳۰/۲۴٪ مواد زاید تولید شده دارای ویژگی سمیت هستند، که عمدتاً از گروه صنعتی تولید مواد و محصولات شیمیایی نشأت گرفته اند، که با توجه به ایجاد مخاطرات زیست محیطی بر لزوم کنترل آن ها تاکید ویژه ای می شود.
  - دفع مواد زاید اغلب غیراصولی و غیر فنی بوده و عملاً تخلیه آن ها بدون هیچ کنترلی در محیط زیست صورت می پذیرد.
  - بازیافت و استفاده مجدد به صورت علمی و اصولی، آنچنان که باید و شاید انجام نمی شود و از آنجایی که این مورد یک راه حل کلیدی در کاهش مواد زاید می باشد، باید بیشتر مورد تاکید واقع گردد.
  - عمدتاً دفع مواد زاید توسط واحدهای صنعتی انجام می شود و بخش خصوصی و دولتی چندان نقشی ایفا نمی کنند.
  - میزان ۲،۵۰۵/۵۲ تن در سال از کل مواد زاید ثبت شده مطابق با فهرست مواد زاید خطرناک ارایه شده توسط کنوانسیون بازل می باشد، این مواد بی هیچ شک و شبهه ای خطرناک هستند و از صنایع مختلفی همچون صنایع فلزی، شیمیایی، نفت و منسوجات و... نشأت می گیرند، در مجموع نحوه برخورد و دفع این گونه مواد در حال حاضر در استان فارس رضایت بخش نمی باشد و شایان توجهات ویژه ای است.
  - از لحاظ وضعیت حمل و نقل مواد زاید و رعایت ضوابط و استانداردهای حمل و نقل مواد زاید، وضعیت در حد مطلوبی نمی باشد.



۱. ادامه روند شناسایی مواد زاید جهت تکمیل اطلاعات و کاهش بی اطمینانی ها، در این مورد استفاده و توسعه نرم افزار مدیریت بانک اطلاعاتی مواد زاید توصیه می گردد. کاربرد این برنامه باید توأم با یک روش گردآوری اطلاعات باشد. با اجرای این برنامه به گونه ای که در طی این پژوهش نیز به کار برده شده، می توان گزارشات و اطلاعات مورد نیاز را تهیه و مورد بررسی قرار داد. تداوم امر شناسایی مواد زاید در طول یک دوره چند ساله، اطلاعات تغییرات میزان مواد زاید در طول زمان را در اختیار می گذارد. از طرفی ابزاری بسیار قوی در ارزشیابی فرایندهای مدیریت در زمینه مربوطه می باشد. همچنین با بررسی و تحلیل نتایج به دست آمده می توان تصحیح لازم را در استراتژی کنترل اعمال نمود.
۲. تهیه نقشه جامع با مقیاس مناسب از محل استقرار و پراکندگی صنایع، که این نقشه ها می توانند در قالب سیستم جغرافیایی (GIS) تهیه شده و اطلاعات واحدهای صنعتی به آن ها متصل شود.
۳. با توجه به این که قسمت عمده مواد زاید خطرناک سمی (حدود ۵۰/۵۸٪) در صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی تولید می گردد، لذا طراحی و اجرای برنامه های کمینه سازی مواد زاید در خصوص آن ها لازم است.
۴. استفاده و اقتباس از مقررات و استانداردهای سایر کشورها برای کنترل و مدیریت مواد زاید صنعتی.
۵. تاکید بر گزینه های مناسب دفع لجن در بررسی و تایید طرح های تصفیه فاضلاب صنایع توسط سازمان حفاظت محیط زیست. همچنان که ذکر شد مقادیر زیادی از مواد زاید مایع مربوط به فاضلاب های صنعتی تصفیه نشده است، در صورت اجرای طرح های تصفیه فاضلاب گرچه از این میزان کاسته می شود ولی مقادیر لجن تولید شده افزایش خواهد یافت که باید همواره جهت پیشگیری از ایجاد مشکلات سوء ناشی از آلاینده های موجود در لجن های صنعتی روش های فراورش مناسب را برگزید.
۶. قلمداد کردن کمینه سازی مواد زاید خطرناک به عنوان یک استراتژی ملی یا حداقل محلی یا ناحیه ای در سیاست گذاری ها و تصمیم گیری ها در خصوص توسعه صنایع.
۷. وضع قوانین و مقررات و اجرای کامل آن ها در خصوص کنترل مواد زاید خطرناک.
۸. استقرار مکان های مناسب جهت نگهداری، تصفیه و دفع نهایی مواد زاید خطرناک. که در این حالت مشارکت واحدهای صنعتی که تولیدکننده عمده مواد زاید خطرناک هستند، ضرورت تام دارد.
۹. تشویق و سرمایه گذاری در پروژه های بازیافت مواد از ضایعات، با رعایت کلیه اصول و موازین بهداشتی و فنی.
۱۰. ارتقای آگاهی عمومی از اثرات سوء ناشی از دفع نامناسب مواد زاید و همچنین آگاهی بخشیدن و ایجاد انگیزه در مدیران و مسئولین صنایع جهت کاهش مواد زاید.
۱۱. اجرای طرح های بررسی و ارزیابی اثرات قبل از انجام پروژه های بزرگ می تواند تا حدود زیادی از بروز مشکلات مربوط به تولید مواد زاید جلوگیری نماید، زیرا در روند این مطالعات نهایتاً گزینه یا گزینه هایی که مواد زاید خطرناک کمتری تولید نماید، شانس انتخاب بیشتری دارد.
۱۲. لزوم نظارت سازمان حفاظت محیط زیست در واردات و مصرف مواد شیمیایی مورد استفاده در صنایع، در این مورد باید ارتباطات و هماهنگی بین بخشی با وزارت صنایع، بازرگانی و سایر ارگان های مسئول به نحو موثر به وجود آید. این امر جهت کاهش مصرف مواد شیمیایی و خطرناک می باشد که یکی از روش های سیستماتیک کمینه سازی مواد زاید خطرناک بوده و در صورت حسن اجرا نتایج موثری بر جای خواهد گذاشت.
۱۳. استقرار صنایع تبدیلی در جوار مجتمع و کارخانجاتی که مقادیر زیادی مواد زاید تولید می نمایند. با این روش می توان با استقرار تسهیلات، مواد زاید را به گونه ای که در یک صنعت قابل استفاده باشند مورد فراورش قرار داد.

## یادداشت

۲. معاونت امور محیط زیست انسانی، ۱۳۷۸. «راهنمای فنی

دفع مواد زاید خطرناک»، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست.

3. Freeman, H.M., 1998. «Standard Handbook of Hazardous Waste Treatment and Disposal», Second Edition. Mc Graw-Hill.

۱- کنوانسیون بازل (Basel Convention) : این معاهده در ماه مارچ ۱۹۸۹ در کشور سوئیس به منظور کنترل حمل و نقل برون مرزی ضایعات زیان آور و خطرناک توسط ۳۵ کشور شرکت کننده به امضا رسید. کشور ایران هم در تاریخ ۱۵ دی ماه ۱۳۷۱ به این کنوانسیون ملحق شده است. (اطلاعات بیشتر در سایت <http://www.basel.int> موجود می باشد).

## منابع

۱. مولر، ک، ر. ۱۳۷۲. «مدیریت پسماندهای شیمیایی»، انتشارات سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری.

## امکان سنجی کمینه سازی مواد زاید صنعتی در مجتمع پتروشیمی بندر امام

سیما سبز علیپور

کارشناس ارشد محیط زیست ، واحد علوم و تحقیقات اهواز (عهده دار مکاتبات)

rkh1380@dezab.com

نعمت الله جعفرزاده

دانشیار دانشگاه علوم پزشکی اهواز

مسعود منوری

استادیار دانشکده محیط زیست و انرژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

تاریخ پذیرش: ۸۵/۹/۳۰

تاریخ دریافت: ۸۵/۵/۲۵

### چکیده

در صنایع پتروشیمی نظیر اغلب صنایع شیمیایی، مواد زایدی تولید می شود که نیاز به مدیریت منسجم دارد و تأکید بر کمینه سازی این مواد سیاستی است که در دنیا در دو دهه اخیر مورد توجه قرار گرفته است. در کشورهایی که تجربه صنعتی و کنترل های زیست محیطی در صنعت رشد چندانی نداشته، تأکید بیشتر بر تصفیه و دفع نهایی است. این برخورد با مشکل هزینه ها را افزایش می دهد و در بسیاری از موارد موجب اتلاف هزینه و منابع می شود. نظر به این که رویکرد کمینه سازی سبب رفع مشکل با تکیه بر خواستگاه آن می باشد، بدین لحاظ در بسیاری از کشورها، مدیریت نوین کاهش مواد زاید، که قادر به کاهش کل مشکلات مربوطه می باشد به عنوان یک استراتژی ملی تلقی می گردد.

در این پژوهش به شناسایی، طبقه بندی و امکان سنجی کمینه سازی مواد زاید صنعتی در واحد الفین به عنوان یکی از مهمترین واحدهای مجتمع پتروشیمی بندر امام پرداخته شده است. جهت نیل به اهداف پژوهش پس از شناخت فرایند تولید، ویژگی های کمی و کیفی و همچنین علل تولید مواد زاید در واحد مذکور مورد مطالعه قرار گرفت و چشمه های تولید مواد زاید شناسایی شدند. پس از شناسایی مواد زاید، بر اساس اطلاعات موجود در مرکز اسناد فنی مجتمع در خصوص میزان مواد زاید تولیدی، کمیت و کیفیت این مواد تعیین گردید. بررسی ها حاکی از آن بود که در واحد الفین سالانه ۱۱/۹۷۲/۰۰۰ کیلوگرم مواد زاید صنعتی تولید می شود. ماهیت مواد زاید تولیدی در واحد مورد مطالعه، ۴۵/۳۵٪ انواع روغن های زاید و سوخته، ۳۵/۰۸٪ بشکه های خالی فلزی و پلاستیکی، ۵/۲۰٪ زایدات تعمیرات جزئی، ۴/۱۷٪ زایدات تعمیرات اساسی و ۷/۵۱٪ لجن سیستم پیش تصفیه صفحات مورب جداکننده بود. درصد تولید سایر مواد زاید نیز بدین ترتیب می باشد: انواع کاتالیست ها ۱/۲٪، کک ۰/۰۵٪، غربال مولکولی ۱/۱۱٪، لجن پلیمری ۰/۴٪ و پشم شیشه ۰/۰۵٪ که جمعاً معادل ۳/۰۴٪ است.

سپس در واحد مورد مطالعه اقدام به طبقه بندی مواد زاید بر اساس نوع مواد زاید تولیدی و روش پیشنهادی سازمان ملل (یونپ) گردید. بر اساس روش طبقه بندی یونپ، در واحد الفین ۸۹/۶۷٪ مواد زاید خطرناک و ۱۰/۲۹٪ غیر خطرناک تشخیص داده شد. مدیریت فعلی مواد زاید خطرناک نیز این گونه است که کاتالیست های پالادیوم و عایق پشم شیشه انبار می شود، کاتالیست های نیکل - منیزیم، کک، لجن های سیستم پیش تصفیه صفحات مورب جداکننده و پلیمری دفن صنعتی، و روغن های مازاد سیستم های پیش تصفیه سوزانده می شوند و در نهایت بشکه های مستعمل و روغن های سوخته هم به فروش می رسند. بررسی مواد زاید و گروه بندی این مواد بر اساس گروه بندی یونپ نیز حاکی از آن است که ۱/۴۱٪ مواد زاید تولیدی در گروه A، ۵۹/۴٪ این زایدات در گروه B و ۳۹/۱۷٪ این زایدات در گروه C قرار می گیرند.

پس از آن گزینه های موجود در خصوص کمینه سازی مواد زاید مورد بررسی قرار گرفت و مشخص گردید که در این واحد ۹۱٪ زایدات خطرناک در قالب گزینه بازیافت و استفاده مجدد و ۸/۹۴٪ مواد زاید خطرناک نیز در قالب گزینه کاهش زایدات در منبع تولید قرار می گیرند.

**واژه های کلیدی:** مواد زاید خطرناک ، طبقه بندی برنامه محیط زیست سازمان ملل ، کمینه سازی ، واحد الفین پتروشیمی

## مقدمه

دست خواهیم یافت. حال با توجه به این موارد یعنی توسعه روزافزون کاربری مواد شیمیایی و توسعه صنعت پتروشیمی، لزوم توجه به مسایل زیست محیطی ناشی از این صنایع انکار ناپذیر است.

در سال های اخیر تحقیقاتی در زمینه کمینه سازی مواد زاید در سایر کشورها صورت گرفته که چند مورد از آن ها تحقیقاتی است که انجام شده است (۳-۱۷). نظر به این که مطالعات مربوط به کمینه سازی مواد زاید در کشور ما، کمتر صورت گرفته و بیشتر مطالعات در مورد مدیریت مواد زاید پس از تولید صورت می گیرد، به این ترتیب ضرورت انجام این پروژه نمایان می گردد.

## روش کار

روش استفاده شده در این تحقیق مشتمل بر چهار بخش است:

بخش اول: مطالعات کتابخانه های

بخش دوم: بازدیدهای میدانی

بخش سوم: جمع بندی داده ها

بخش چهارم: طبقه بندی مواد زاید و ارایه راهکارهای مدیریتی مناسب

در بخش اول، روش اعمال شده شامل جمع آوری جدیدترین آمار و اطلاعات پیش زمینه ای با استفاده از منابع موجود در کتابخانه ها و مراکز علمی و پژوهشی، مراکز تحقیقاتی، مجتمع پتروشیمی بندر امام و کاوش های اینترنتی در زمینه صنعت، محیط زیست موجود در منطقه و مدیریت مواد زاید با تأکید بر کمینه سازی مواد زاید در صنایع مختلف بوده است.

در بخش دوم، به منظور آشنایی بیشتر با عملکرد واحد با حضور در سایت و از طریق بازدیدهای میدانی، نقاط و چشمه های تولید کننده مواد زاید شناسایی شدند.

در بخش سوم نیز از طریق بررسی اطلاعات موجود در مرکز اسناد فنی و پاسخ آزمایشات انجام شده توسط دفتر محیط زیست مجتمع (در خصوص کمیت و آنالیز شیمیایی مواد زاید)، اطلاعات مربوط به انبار مواد شیمیایی، فرم های ایمنی و داده های مورد نیاز در خصوص کمیت،

در ایران به علت وجود منابع غنی نفت و گاز خصوصاً در محدوده خلیج فارس و استان خوزستان بخش عمده صنایع را صنایع وابسته به نفت و گاز تشکیل می دهد. در راستای سیاست توسعه پایدار، زمانی می توان صنایع شیمیایی پایدار را در مجموعه صنایع موجود، در توسعه پایدار صنعتی کشور دخیل دانست که کارکرد این صنایع، مشکلات غیر قابل جبرانی بر پیکره محیط زیست وارد نکند (۱). در طی ساخت و تهیه محصولات صنعتی، مواد زاید به حالت های مختلف اعم از گاز، مایع و جامد به وجود می آید. علاوه بر مشکلات زیست محیطی ناشی از این مواد زاید، از دست رفتن و اتلاف مواد با ارزش و قابل استفاده ناشی از فرایند تولید و همچنین هزینه های گزاف کنترل آلودگی که در نهایت به دولت و صاحبان صنایع تحمیل می گردد، نیز از معضلات تولید این مواد زاید است. لذا کاهش مواد زاید در فرایند تولید از راهبردهای اساسی در حل مشکل مربوط به مواد زاید است (۲).

مجتمع پتروشیمی بندر امام به عنوان بزرگترین مجتمع پتروشیمی ایران در منطقه ویژه اقتصادی ماهشهر در کنار خور موسی در حال فعالیت می باشد. این مجتمع دارای ۵ شرکت است که خود در برگیرنده واحدهای مختلفی می باشند. این واحد ها طی فرایندهای گوناگون شیمیایی، مواد آلاینده مختلفی را وارد محیط زیست پیرامون خود کرده و تأثیرات متفاوتی بر جا می گذارند. لذا با توجه به حجم وسیع تولیدات این مجتمع، بالطبع حجم وسیعی از پسماندها و محصولات فرعی زاید نیز تولید می شود و چنین شرایطی ایجاب می کند که مدیریتی صحیح بر مواد زاید صنعتی این مجتمع اعمال گردد.

توجه به آلودگی محیط زیست و مقابله با آن از طریق برنامه های مختلف زیست محیطی از جمله مدیریت مواد زاید، اکنون در بهداشت و اقتصاد جهان مطرح است. کمینه سازی مواد زاید اغلب يك استراتژی اقتصادی است که نهایتاً اهداف زیست محیطی را نیز با کیفیت مطلوب و مناسب تأمین خواهد کرد. با کمینه سازی مواد زاید خطرناك به افق های وسیع تری در کنترل آلاینده ها در محیط زیست

حالت، حالت و نحوه مدیریت فعلی مواد زاید تولیدی جمع آوری گردید.

در بخش چهارم، پس از تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده، اقدام به طبقه‌بندی مواد زاید بر اساس نوع ماده زاید تولیدی و همچنین طبقه‌بندی با استفاده از رهنمود برنامه زیست محیطی سازمان ملل (یونپ)<sup>۱</sup> گردید. سپس گزینه‌های موجود در خصوص کمپنه سازی مواد زاید صنعتی مورد بررسی قرار گرفتند و مواد زایدی که قابلیت بازیافت و استفاده مجدد و یا قابلیت کاهش در منبع تولید را داشتند، شناسایی شدند و راهکارهای مناسب در این خصوص ارائه گردید.

ارسال می‌شوند.

نفت کوره<sup>۲</sup> مازاد حاصل از شکست حرارتی نفتا نیز یکی از مواد زاید این واحد محسوب می‌شود. از دیگر مواد زایدی که در این واحد تولید می‌شوند می‌توان به کاتالیست‌های پالادیوم اشاره نمود که به علت داشتن پالادیوم با ارزش می‌باشند. عمر مفید این کاتالیست‌ها ۱۰-۳ سال است و در حال حاضر کاتالیست‌های غیر فعال شده در انبار نگهداری می‌شوند. کاتالیست‌های نیکل- منیزیوم مستعمل شده نیز در انبار ذخیره شده و سپس در محل دفن صنعتی دفع می‌گردند. (جدول ۱)

#### طبقه بندی مواد زاید بر اساس نوع ماده زاید تولیدی

طبقه‌بندی بر اساس نوع ماده یکی از مهم‌ترین روش‌های طبقه‌بندی مواد زاید صنعتی می‌باشد. با توجه به تنوع مواد زاید صنعتی با این طبقه بندی می‌توان میزان تولید مواد زاید را بر اساس نوع مواد مختلف پیش بینی کرد و روش دفع نهایی آن‌ها را تعیین نمود. به عبارت دیگر این طبقه بندی پایه‌ای جهت طراحی محل نهایی دفع مواد زاید صنعتی می‌باشد. بر این اساس مواد زاید صنعتی در واحد مورد مطالعه به گروه‌های مختلف به شرح ذیل تقسیم بندی می‌گردند:

#### نتایج

زایدات تولیدی در این واحد عمدتاً شامل روغن‌ها و هیدروکربن‌های سنگین ناشی از شکست حرارتی می‌باشد. این مواد شامل روغن‌های Quench است که از کل واحد جمع‌آوری و به سیستم پیش تصفیه (صفحات مورب جداکننده)<sup>۳</sup> هدایت می‌شوند. در این سیستم نیز مواد سبک‌تر جدا شده و پس از وارد شدن به مخزن نگهداری روغن مازاد، جهت سوزاندن به چاله سوخت

جدول ۱- منابع تولید، نوع و آنالیز شیمیایی مواد زاید صنعتی در واحد الفین

ردیف	چشمه تولید	ماده زاید تولیدی	آنالیز شیمیایی
۱	کوره های شکست حرارتی	کک	کربن، هیدروکربن سبک و سنگین
۲	خشک کن ها (۴ مورد)	غربال مولکولی	آلومینا، سیلیکات
۳	راکتور ها (۴ مورد)	کاتالیست	پالادیوم، نیکل - منیزیوم
۴	حوضچه خنثی سازی (AD-700)	لجن پلیمری	مخلوط روغن، هیدروکربن سنگین پلیمر شده و آب
۵	پیش تصفیه و فاضلاب روها	لجن	رسوبات ته نشین شده آغشته به روغن
۶	مخزن ذخیره روغن خروجی پیش تصفیه ها	روغن زاید	مخلوط آب، هیدروکربن سبک و سنگین روغن Quench
۷	دستگاه ها - تعمیرات	روغن های مصرف شده	روغن های ضایعاتی دستگاه های اجرایی
۸	کل واحد	بشکه خالی روغن و مواد شیمیایی	پلاستیکی - فلزی
		براده های تعمیراتی و ضایعات صنعتی	آهن آلات، دیگر فلزات، پشم شیشه

1- United Nation Environmental Program

2- Corrugated Plate Interceptor

3- Fuel Oil

- ۱- کاتالیست ها
- ۲- جاذب‌ها و غربال‌های مولکولی
- ۳- روغن‌های زاید و تعویضی
- ۴- لجن‌ها
- ۵- کک و هیدروکربن‌ها
- ۶- زایدات ناشی از تعمیرات اساسی و جزئی (آهن آلات،

جدول ۲- طبقه بندی مواد زاید بر اساس تناوب و نحوه دفع فعلی در واحد الفین

ردیف	نام پسماند	حالت فیزیکی	تناوب دفع	میزان دفع	واحد	نحوه نگهداری	نحوه حمل و نقل	روش دفع فعلی	توضیحات
۱	کاتالیست ها	پالادیوم	جامد	۵-۷ سال	تن	بشکه	کامیون	انبار	
		نیکل - منیزیوم	جامد	۵-۷ سال	تن	بشکه	کامیون	دفن صنعتی	
۲	غربال مولکولی	جامد	۵-۷ سال	۸۰	تن	بشکه	کامیون	دفن شهری	
۳	روغن‌ها	روغن زاید خروجی سیستم‌های پیش تصفیه	مایع	۱۰ روز	تن	-	خط لوله	سوختن	
		روغن سوخته	مایع	ماهانه	۲۵۰	لیتر	بشکه	کامیون	فروش
۴	لجن‌ها	لجن پیش تصفیه	نیمه جامد	ماهانه	تن	بشکه	کامیون	دفن صنعتی	
		لجن پلیمری	نیمه جامد	۲ سال	تن	بشکه	کامیون	دفن صنعتی	ته حوضچه خنثی سازی کاستیک
۵	کک	جامد	ماهانه	۵۰	کیلوگرم	بشکه	کامیون	دفن صنعتی	
۶	زایدات	تعمیرات اساسی	جامد	۲ سال	تن	فله ای	کامیون	انبار چوب و فلز	آهن آلات
		تعمیرات جزئی	جامد	ماهانه	تن	فله ای	کامیون	انبار چوب و فلز	آهن آلات
		پشم شیشه	جامد	ماهانه	کیلوگرم	فله ای	کامیون	انبار چوب و فلز	آهن آلات
۷	بشکه خالی	جامد	ماهانه	۲۰	تن	فله ای	کامیون	فروشی و پلاستیکی	

طبقه بندی مواد زاید تولیدی براساس روش برنامه زیست محیطی سازمان ملل (یونپ)

طبق بررسی‌های به عمل آمده در واحد مورد مطالعه در مجموع ۱۴ مورد ماده زاید شناسایی شد. پس از مقایسه این زایدات با روش پیشنهادی در برنامه محیط زیست سازمان ملل مشخص گردید که از این تعداد ۱۰ مورد خطرناک و ۴ مورد غیرخطرناک هستند. (جدول ۳)

طبقه بندی مواد زاید خطرناک بر اساس خصوصیات آن‌ها در واحد مورد مطالعه

مواد زاید به علت دارا بودن خواصی چون خوردندگی، اشتعال‌پذیری، سمیت و میل ترکیبی شدید خطرناک تلقی می‌شوند. بنابراین با توجه به اهمیت این موضوع بعد از شناسایی زایدات در واحد مورد مطالعه، اقدام به تعیین خصوصیات و سپس طبقه بندی زایدات گردید. (جدول ۳)

جدول ۳- خصوصیات و طبقه بندی مواد زاید تولیدی بر اساس روش برنامه محیط زیست سازمان ملل

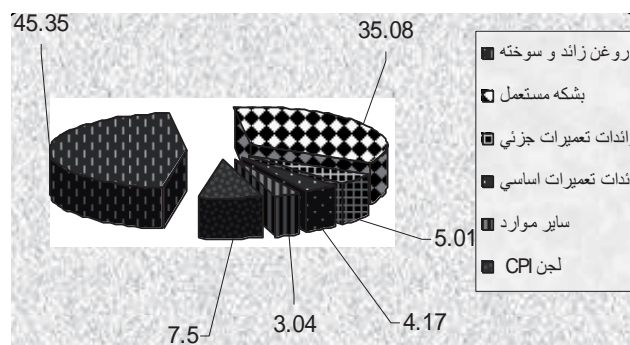
خصوصیات			مواد زاید غیر خطرناک	مواد زاید خطرناک						ماده زاید
تیمس	میل ترکیبی شدید	اشتهال پذیری		F	E	D	C	B	A	
		*					*			کک
*								*		لجن پلیمری
*								*		لجن و مواد ویسکوز فاضلاب رو
*								*		لجن فاضلاب رو
*									*	کاتالیست مستعمل
			*							مولکولارسیو و سیلیکاژل
*		*						*		روغن مازاد پیش تصفیه
*		*						*		روغن های مصرفی
*							*			ظروف پلاستیکی و فلزی مواد شیمیایی
*							*			ظروف فلزی روغن
			*							پالت چوبی
			*							کاغذ
*									*	پشم شیشه
			*							آهن آلات

## بحث و نتیجه گیری

## بررسی و طبقه بندی مواد زاید صنعتی در واحد الفین:

در تجزیه و تحلیلی که بر روی داده های گردآوری شده در خصوص مواد زاید جامد صنعتی در واحد الفین انجام گرفت، جمعاً ۷ چشمه تولید مواد زاید شناسایی گردید که در مجموع منشاء تولید سالانه ۱۱/۹۷۲/۰۰۰ کیلوگرم زایدات صنعتی بوده است. ماهیت مواد زاید تولیدی در واحد مورد مطالعه شامل ۴۵/۳۵٪ انواع روغن های زاید و سوخته

، ۳۵/۰۸٪ بشکه های خالی فلزی و پلاستیکی ۵/۲۰۱٪، زایدات تعمیرات جزئی، ۴/۱۷٪ زایدات تعمیرات اساسی و ۷/۵۱٪ لجن سیستم پیش تصفیه صفحات مورب جداکننده بوده است. درصد تولید سایر مواد زاید نیز بدین ترتیب می باشد: انواع کاتالیست ها ۱/۲٪، کک ۰/۰۵٪، غربال مولکولی ۱/۱۱٪، لجن پلیمری ۰/۴۱٪ و پشم شیشه ۰/۰۵٪ که جمعاً معادل ۳/۰۴٪ می شود. (نمودار ۱)



نمودار ۱- ماهیت مواد زاید صنعتی در واحد الفین

شده از سیستم های پیش تصفیه صفحات مورب جداکننده و شناور سازی با هوای محلول<sup>۱</sup> و همچنین روغن های سوخته تجهیزاتی مانند پمپ ها و کمپرسورها بوده است. (نمودار ۲)

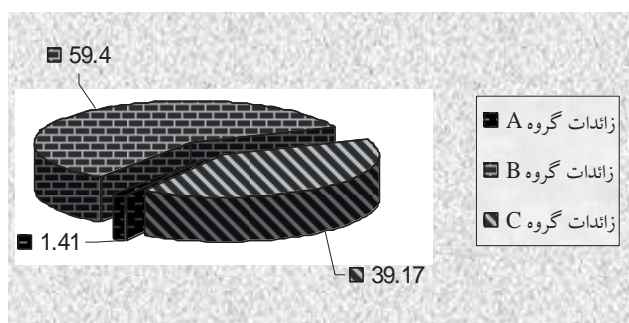
همان طور که نمودار ۱ نشان می دهد ، انواع روغن های سوخته و روغن های زاید بیشترین سهم را از مواد زاید صنعتی در این واحد به خود اختصاص داده اند. بررسی های به عمل آمده در خصوص علل تولید این مواد زاید نشان داده که این روغن ها شامل روغن های مازاد گرفته



نمودار ۲- طبقه بندی یونپ از مواد زاید صنعتی واحد الفین

زاید خطرناک و مابقی (۱۰/۲۹٪) آن ها غیر خطرناک بوده است. (نمودار ۳)

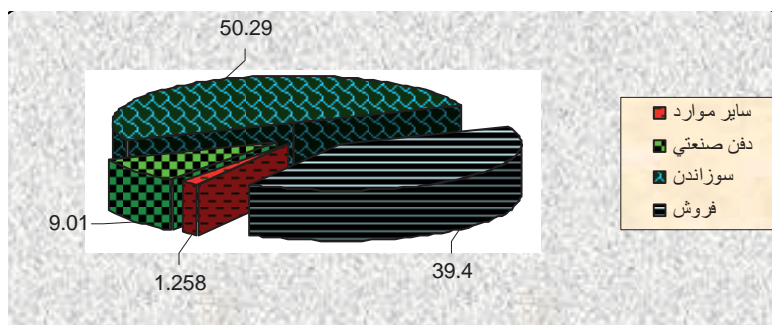
همان طور که در نمودار ۲ مشاهده می شود وضعیت مواد زاید صنعتی براساس طبقه بندی یونپ حاکی از آن است که ۸۹/۶۷٪ از زایدات تولیدی در این واحد در گروه مواد



نمودار ۳- گروه بندی یونپ از مواد زاید صنعتی

، ۵۹/۴٪ این زایدات در گروه B و ۳۹/۱۷٪ این زایدات در گروه C قرار می گیرند. (نمودار ۴)

با بررسی مواد زاید و گروه بندی این مواد بر اساس گروه بندی برنامه زیست محیطی سازمان ملل همان گونه که نمودار ۳ نشان می دهد ۱/۴۱٪ مواد زاید تولیدی در گروه A

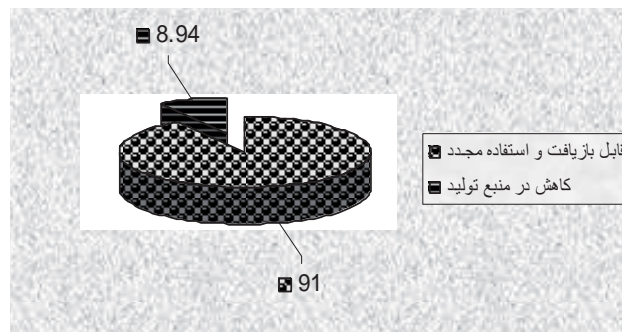


نمودار ۴- وضعیت مدیریت فعلی مواد زاید خطرناک



بشکه ها قبل از فروش در مکانی بنام انبار ضایعات چوبی و فلزی ذخیره شده و سپس به فروش می رسند و در نهایت ۰/۰۵۵٪ از زایدات نیز که شامل پشم شیشه است در انبار مذکور نگهداری می شود. با توجه به وضعیت مواد زاید صنعتی در واحد الفین راهکارهای مدیریتی که جهت کمینه سازی مواد زاید خطرناک ارایه گردیده در نمودار ۵ ارایه شده است.

همان گونه که مشاهده می شود در این واحد ۹۱/۰۶٪ زایدات خطرناک در قالب گزینه بازیافت و استفاده مجدد و ۸/۹۴٪ آن ها نیز در قالب گزینه کاهش مواد زاید در منبع تولید قرار می گیرند. (نمودار ۵)



نمودار ۵ - راهکارهای پیشنهادی جهت کمینه سازی مواد زاید خطرناک

ترکیب محصول، تغییر در مواد ورودی، تغییر در تکنولوژی و یا جداسازی جریان ضایعات است. با نظر به مطالب ذکر شده، کاتالیست‌های مستعمل از جمله مواد زاید تولیدی در واحد الفین هستند که راهکار بازیافت و استفاده مجدد در خصوص آن ها ارایه شده است. استفاده از کاتالیست‌های مستعمل به علت دارا بودن فلزات با ارزش پس از کاربری از اهمیت خاصی برخوردار است، زیرا علاوه بر این که این مواد می توانند به عنوان منابع قابل دسترسی برخی فلزات مورد نظر باشند، از نظر دفع مواد زایدی که حاوی برخی عناصر سنگین و سمی برای محیط زیست و به خصوص خاک هستند، نیز قابل توجه می باشند. نتایج حاصل از بررسی‌های انجام شده در پژوهشگاه مواد و انرژی اراک (۲۰)، در خصوص امکان سنجی فنی و اقتصادی کاتالیست‌های مستعمل صنعت پتروشیمی نشان داده است که بازیافت فلزات سنگین از این مواد مستعمل علاوه بر این که از نظر زیست محیطی لازم و ضروری است،

مدیریت فعلی زایدات خطرناک در واحد مورد مطالعه که در نمودار ۴ ارایه شده است، حاکی از آن است که ۲۳٪ از زایدات در انبار ذخیره شده و ۵۰٪ آن ها سوزانده می شود که شامل روغن های مازاد سیستم های پیش تصفیه می باشد.

۹۱٪ زایدات نیز دفن می شوند که طبق بررسی های به عمل آمده از محل دفن فعلی زایدات صنعتی در مجتمع پتروشیمی بندر امام، در حال حاضر ظرفیت این محل تکمیل است و مواد به صورت فله ای تلنبار می شوند. ۳۹/۴٪ این مواد هم به فروش می رسند که عمدتاً شامل بشکه های خالی مواد شیمیایی و روغنی می باشد. این

بازیافت و استفاده مجدد از مواد زاید صنعتی یکی از گزینه‌های بسیار سودمند و اقتصادی در مدیریت مواد زاید می باشد. در بسیاری از واحدهای صنعتی، بازیافت ضایعات عموماً سود سرشاری نصیب صاحبان صنایع نموده و صرفه اقتصادی یکی از مهمترین انگیزه‌های واحدهای صنعتی برای انجام عملیات کاهش آلودگی است (۱۸).

بازیافت می تواند در محل تولید، خارج از محل تولید و یا به صورت تبادلات بین بخشی انجام پذیرد. این امر تا حدود زیادی به عواملی چون، نزدیکی تسهیلات بازیافت به واحد تولید کننده، هزینه مربوط به انتقال مواد زاید به خارج از واحد تولید، حجم و میزان مواد زاید قابل فروش و هزینه‌های مربوط به نگهداری و انبار مواد زاید در محل، در مقایسه با حمل آن به خارج از واحد تولیدی بستگی دارد (۱۹). کاهش مواد زاید صنعتی در منبع تولید نیز شامل تغییرات در فرایند تولید است که این عملیات شامل بهینه‌سازی فرآیند، نگهداری صحیح محصول، تغییر در

از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه می باشد. لذا با توجه به این نتایج و این موضوع که در کشور شرکت‌هایی جهت انجام این امر وجود دارند، می توان نسبت به بازیافت فلزات سنگین از کاتالیست‌های مستعمل اقدام کرده و پس از آن بقایای این زایدات را دفن بهداشتی نمود.

ظروف فلزی و پلاستیکی مواد شیمیایی مصرفی ، در این واحد از دیگر مواردی است که راهکار بازیافت و استفاده مجدد، در خصوص آن ها ارایه گردیده است . از آنجا که عمده این ظروف حاوی مواد زاید خطرناک می باشند ، لذا قبل از بازیافت و استفاده مجدد از این مواد، باید مورد خنثی سازی و شستشو قرار گرفته و پساب حاصل از شستشوی آن ها به واحد تصفیه پساب انتقال داده شود و در نهایت جهت بازیافت و استفاده مجدد از مجتمع منتقل شوند . در غیر این صورت بهتر است جهت جلوگیری از فروش این ظروف ، بدون مدیریت مورد نیاز، اقدام به ذوب نمودن بشکه‌های فلزی آغشته به مواد زاید خطرناک نمود (۸).

از دیگر مواد زاید تولیدی در این واحد که از نظر مدیریت نوین کمینه سازی قابل بازیافت می باشند روغن های زاید سیستم‌های پیش تصفیه صفحات مورب جداکننده و شناور سازی با هوای محلول و همچنین روغن های سوخته و مستعمل دستگاه ها می باشند. با توجه به تنوع هیدروکربنی روغن های مختلف در واحدها، جداسازی هر يك از این مواد و جلوگیری از اختلاط آن ها به منظور تسریع در بازیافت آن ها توصیه می شود. هیدروکربن های سبک و سنگین (روغن های مازاد سیستم‌های پیش تصفیه صفحات مورب جداکننده و شناور سازی با هوای محلول) در این واحد که جهت سوزاندن به چاله سوخت ارسال می‌گردند می توانند به عنوان خوراک کارخانجات تولید مواد شیمیایی مورد استفاده قرار گیرند(۷). لذا فروش این مواد به صنایع مرتبط با آن توصیه می گردد.

نفت کوره<sup>۱</sup> حاصل از شکست حرارتی هیدروکربن ها نیز می تواند به عنوان خوراک مناسب جهت تولیدکربن سیاه

به کار رود، بنابراین استفاده از سیستم صحیح برای فروش به موقع آن به کارخانجات مربوطه از سوزاندن زیادی آن جلوگیری می‌کند.

لجن‌های تولید شده در واحد مورد مطالعه جزء موادی هستند که در گزینه کاهش مواد زاید در منبع تولید قرار می گیرند. در راستای کاهش حجم مواد زاید صنعتی خطرناک در منبع، جداسازی لجن‌های سیستم‌های پیش تصفیه صفحات مورب جداکننده از سایر لجن‌ها و ضایعات دیگر الزامی می باشد. ضمناً جهت تسهیل در حمل و نقل لجن‌ها توصیه می شود حتی‌الامکان آبیگری و خشک کردن لجن صورت پذیرد (۳).

از دیگر مواد زاید تولیدی که در قالب گزینه کاهش مواد زاید در منبع تولید قرار می‌گیرد كك می باشد. استفاده از مواد جلوگیری کننده از نشست كك در کوره‌های واحد باعث افزایش زمان کارکرد کوره‌ها و افزایش تولید محصول شده و در نتیجه کاهش تعداد دفعات تعمیرات کوره‌ها و زایدات تعمیراتی را نیز به همراه خواهد داشت.

با تفکر در نتایج حاصل شده در این پژوهش، همان گونه که نمایان گردید، کمینه سازی مواد زاید در اغلب موارد يك استراتژی اقتصادی است که نهایتاً اهداف زیست محیطی را نیز با کیفیت مطلوب و مناسب تأمین خواهد نمود. به عبارت ساده‌تر با کمینه‌سازی مواد زاید خطرناک به افق‌های وسیع تری در کنترل آلاینده‌ها در محیط زیست دست خواهیم یافت، زیرا در این صورت کل آلاینده هایی که بالقوه می توانند در محیط زیست منتشر گردند، کاهش می یابند. ولی در غیر این صورت حتی اگر کارترین سیستم‌های تصفیه را نیز در اختیار داشته باشیم، نتیجه نهایی چیزی بیشتر از تغییر شکل و جابه جایی آلودگی نیست. در کمینه سازی مواد زاید هزینه‌های تصفیه مواد زاید خطرناک در محل تولید اعم از هزینه‌های سرمایه‌ای و بهره‌برداری ، هزینه‌های حمل و نقل و دفع مواد زاید به خارج از واحدهای تولید کننده مواد زاید خطرناک، هزینه‌های اجرایی، هزینه‌های کسب مجوز و پایش، خطرات درخصوص ریخت و پاش‌ها، حوادث و موارد اضطراری، هزینه‌های ضمانت و تعهدات مالی طویل‌المدت در خصوص محیط زیست، هزینه‌های تولید به

۱- این ماده در زمان طراحی واحد به عنوان یک ماده زاید سوزانده می شده ولی امروزه در مخزن نگهداری می شود . بخشی از آن به فروش می رسد و بخشی که مازاد بر گنجایش ظرفیت مخزن باشد در چاله سوخت سوزانده می شود.

زاید در جهت کمینه سازی مواد زاید و حفاظت از محیط زیست.  
۱۰. داشتن يك برنامه منظم چك نشتی‌ها و انجام تعمیرات به موقع در واحد.

#### منابع

۱. فاخری ریوف، ف. ۱۳۸۴، امکان سنجی کمینه سازی مواد زاید جامد و مایع صنعتی در مجتمع پتروشیمی رازی، پایان نامه کارشناسی ارشد، اهواز، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی.
۲. نبی زاده، ر.، جعفرزاده، ن.، ۱۳۷۹، رویکرد روش شناختی بر انجام مطالعات کمینه سازی مواد زاید صنعتی، فصلنامه علمی محیط زیست، شماره ۳۲، ص ۴۴.
3. Spearman, M.K., zagola, S.F., 1992. The Development of a Waste Minimization Program at Amoco Oil Company, Water Science Technology, Vol.25, No., pp107 - 115.
4. Hu, T.L., Sheu, J.B. & Huang, K.H. 2002. A reverse loges tics cost Minimization Model for The Treatment of hazardous Waste, Transportation Research Part E, Vol. 38, Issue 6, pp 457-473.
5. Kau, V. 2002. Solid waste Minimization and water Reduction, Western Michigan University, (12/01/2004). [on line]
6. Philips, P. et al. 2003. County Waste Minimization Programmers, Sustainable Development, Vol.11, issue, pp. 103-118.
7. EPA, 2003, Program for Identification and Clas-sification on Used Oil.

لحاظ مدیریت و کارایی بهتر، میزان سمیت و مقادیر مواد زاید خطرناک در محیط زیست، هزینه‌های تولید مربوط به مدیریت مواد زاید و تشریفات اداری (۲۱) و ...، کاهش، و درآمد ناشی از فروش و استفاده مجدد از مواد زاید و حفاظت از بهداشت و سلامت انسان و محیط زیست (۲۲) افزایش پیدا خواهد کرد.

لذا با توجه به تمام مزایایی که مدیریت نوین کمینه سازی در خصوص مواد زاید دارا می باشد و همچنین کارایی که روش های کمینه سازی زایدات، در جلوگیری از انتشار آلاینده‌ها دارد، توسعه امر کمینه سازی زایدات در کشور را اهمیت و ضرورت می دهد.

با نظر به مطالب ارایه شده، راهکارهایی که جهت کمینه سازی مواد زاید صنعتی در واحد مورد مطالعه می توان پیشنهاد نمود، عبارتند از:

۱. ضرورت برقراری سیستم تصفیه خانه پساب صنعتی در مجتمع پتروشیمی بندرامام.
۲. بازیافت فلزات سنگین از کاتالیست‌های مستعمل و سپس دفن بهداشتی بقایای آن‌ها.
۳. بازیافت هیدروکربن های سبك و سنگین و فروش صحیح و به موقع آن‌ها.
۴. قرار دادن پشم شیشه های مستعمل در کیسه های پلاستیکی مناسب و سپس دفن بهداشتی آن‌ها.
۵. ترمیم و احیای برج خنثی سازی کاستیک.
۶. شستشو و خنثی‌سازی ظروف مواد زاید خطرناک پیش از واگذاری آن‌ها جهت بازیافت و استفاده مجدد، و در غیر این صورت ذوب نمودن بقایای بشکه‌های فلزی آغشته به مواد زاید خطرناک که از بهترین روش های جلوگیری از ایجاد خطرات زیست محیطی می باشد.
۷. استفاده از مخازنی جهت جمع‌آوری روغن در زیر کمپرسورها و جلوگیری از پخش شدن روغن در سطح واحد.
۸. رعایت استانداردهای فنی در فرایند تولید به منظور کمینه سازی ضایعات تولیدی واحدها.
۹. آموزش کارگران و بهره‌برداران در خصوص اهمیت تشخیص و شناسایی به موقع نقاط تولید کننده مواد

- duction, Vol. 12, Issue 5, pp. 505-512.
16. Elshorbagy, W., Alkamali, A., 2005. Solid Waste Generation from Oil & Gas Industries in United Arab Emirates, Hazardous Materials, Vol, 120, Issue 1-3, pp. 89-93
  17. Hyde K., Miller, L., Smith, A. & Tolliday, J. 2005. Minimizing Waste in The Food and Drink Sector, Environmental Management, Vol. 67, Issue 4, pp. 327-338.
  18. OUS- Environment & Safety (Harvard University), Hazardous waste Minimization, (24/08/2004), [on line].
  19. نبی زاده، ر. ۱۳۷۲، بررسی مواد زاید صنعتی در استان اصفهان و آرایه روش های مناسب تصفیه، پایان نامه کارشناسی ارشد، تهران، دانشگاه علوم پزشکی تهران.
  20. مضطرزاده، ف. ۱۳۸۲، بررسی فنی و اقتصادی بازیافت فلزات سنگین از کاتالیست های مستعمل صنعت پتروشیمی، چکیده پروژه های خاتمه یافته شرکت پژوهش و فن آوری و مجتمع های پتروشیمی (شرکت ملی صنایع پتروشیمی)، ص ۵۳
  21. United state Environmental Protection Agency, 2004. About waste Minimization, [on line].
  22. United state Environmental protection Agency, 2004. What is waste minimization, [on line]
  8. Dikshith, T.S.S. Diwan, P.V., 2003. Disposal of Hazardous Chemicals, Industrial Guide to Chemical and Drug Safety, [on line Book]
  9. Reeves, G. 2004. Waste Water Minimization with chemical - free water treating, Environmental Progress, Vol. 19, Issue 4, pp. 292-298.
  10. The University of Tulsa, 2004. Hazardous waste Minimization at an Offshore Production Complex Located in Mexican Golf, (14/04/2005), [on line].
  11. Mubarak, M.A., 2004. Waste Management Practices in Serilanka, Waste Management, Science Publishers, and Inc. USA.
  12. Dantravanish, S., 2004. the Current Status and Future Outlook for Waste Management in Thailand, Waste Management, Science Publishers, Inc. USA.
  13. Guruz, G. 2004. Waste Minimization in a bleach plan, Advances in Environmental Research, vol. 8, Issue 304, pp 359- 369.
  14. Garcia, v., Pongracz, E. & Keiski, R. 2004. Waste Minimization in Chemical Industry, Processing of the Waste Minimization and resources use optimization Conference, University of Oulu, press Oulu. pp. 93-106.
  15. Heningsson, s., Hyde, k. & Smith, A. 2004. The Value of Resource Efficiency in the food Industry a Waste Minimization Project in UK, Cleaner Pro-

## مدیریت زیست محیطی زایدات جامد صنایع سنگبری مطالعه موردی استان قم

محمد مسافری

(عهده دار مکاتبات)

محمد فهیمی نیا

مری، گروه بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی قم

حسن تقی پور

استادیار، گروه بهداشت محیط دانشکده بهداشت و تغذیه دانشگاه علوم پزشکی تبریز

تاریخ دریافت: ۸۵/۱۱/۲۰

تاریخ پذیرش: ۸۵/۱۲/۱۵

### چکیده

توسعه روزافزون صنایع سنگبری و استفاده گسترده از انواع سنگ های ساختمانی در امر ساخت و ساز در داخل کشور منجر به افزایش تولید زایدات و باطله های حاصل از این صنایع گردیده که خود مدیریت صحیحی را از نظر زیست محیطی طلب می نماید. با توجه به اهمیت موضوع، در تحقیق حاضر وضعیت فعلی مدیریت این زایدات به صورت مطالعه موردی در استان قم مورد تحقیق واقع شد. در انجام تحقیق تعداد ۵۵ واحد صنعتی با در نظر گرفتن محل استقرار آن ها به عنوان جامعه مورد مطالعه انتخاب و مورد بررسی قرار گرفت. محل دفع این زایدات نیز از نظر تاثیر بر اجزاء مختلف محیط زیست بررسی شد. بر اساس نتایج حاصل از تحقیق در سطح استان قم ۱۸۶ واحد سنگبری فعال وجود دارد که تماماً در اطراف شهر قم (حداکثر تا شعاع ۱۵ کیلومتری) و در چهار منطقه جاده کوه سفید، جاده قدیم تهران - قم، جاده کاشان و جاده قدیم اصفهان قرار دارند و زایدات و باطله های خود را در ۴ جایگاه دفع می کنند. این کارخانه ها از نظر دارا بودن تعداد دستگاه برش سنگ به دو دسته یک دستگاهی (۱۵۱ واحد) و دو دستگاهی (۳۵ واحد) تقسیم می شوند. بیشترین فراوانی کارخانجات در جاده کاشان و به تعداد کل ۷۷ واحد می باشد. به طور متوسط حدود ۵۰٪ کل بلوک های سنگ وارده به کارخانه به صورت باطله در آمده و از کارخانه دفع می شود. بیشترین نوع زایدات از سنگ چینی و کمترین آن از سنگ گرانیتی تولید می گردد. کارخانجات سنگبری دارای یک دستگاه برش به طور متوسط در سال ۴۰۰ تن زایدات تولید می کنند که این مقدار در کارخانجات سنگبری دارای ۲ دستگاه به طور متوسط ۶۰۰ تن در سال می باشد. مقدار کل سالیانه زایدات تولید شده بالغ بر ۸۱۴۰۰ تن برآورد می شود که حدود ۱۵۰۰۰ تن آن یعنی ۱۸٪ کل باطله های تولید شده توسط کارخانجات سنگ کوبی بازیافت می گردد. برای بازیافت کامل (به عنوان بهترین شیوه مدیریتی) لازم است ظرفیت این کارخانه ها حداقل ۵ برابر شود. در محل های دفع، مدیریت برنامه ریزی شده ای در خصوص دفع صحیح زایدات سنگبری وجود ندارد و ضروری است اقدامات جامعی از سوی متولیان امر از جمله شهرداری در جهت توسعه بازیافت و ساماندهی جمع آوری و دفع صحیح این زایدات به عمل آید.

**واژه های کلیدی: صنایع سنگبری، زایدات جامد، استان قم، مدیریت زیست محیطی.**

### مقدمه

نمودار ۱ فلودیاگرام فرآیند تولید در این نوع کارخانجات ارایه شده است [۱]. باطله های حاصل از صنایع سنگبری شامل سنگ های شکسته غیرقابل استفاده، اضافات حاصل از برش سنگ معدن و لجن حاصل از رسوب گیری آب استفاده شده در برش است که به عنوان مواد زاید جامد در اکثر شهرهای کشور تولید می شود و می توان آن ها را جزء

ایران با دارا بودن معادن گسترده سنگ های نما و تزئینی شاهد استقرار کارخانجات سنگبری فراوانی در استان ها و شهرهای مختلف است. به طوری که بر اساس آمار موجود در کشور، ۴۹۲۵ واحد صنعتی کوچک و بزرگ در زمینه بریدن، شکل دادن و تکمیل سنگ فعالیت می نمایند. در

از آنجا که در سنگ ها، پوسته زمین و ماگما سیلیس بیشترین مقدار را دارد لذا نوع کانی هایی که تشکیل می شوند به مقدار سیلیس سنگ بستگی دارد. مهم ترین کانی های ماگما عبارتند از سیلیکات های فلزاتی چون آلومینیوم، آهن، کلسیم و منیزیم، سدیم و پتاسیم. بر اساس ۲۴۸۵ آنالیز صورت گرفته میانگین جهانی ترکیب اجزاء گرانیات به صورت زیر است [۸ و ۹]:

جدول ۱- میانگین جهانی ترکیب اجزای گرانیات

درصد	ترکیب	درصد	ترکیب
٪۱/۲۲	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	٪۷۲/۰۴	SiO <sub>2</sub>
٪۰/۷۱	MgO	٪۱۴/۴۲	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
٪۰/۳۰	TiO <sub>2</sub>	٪۴/۱۲	K <sub>2</sub> O
٪۰/۱۲	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	٪۳/۶۹	Na <sub>2</sub> O
٪۰/۰۵	MnO	٪۱/۸۲	CaO
		٪۱/۶۸	FeO

سنگ های دگرگون شده ممکن است منشأ آذرین یا رسوبی داشته باشند. در چنین سنگ هایی یا کانی ها جهت یافتگی دارند، یا آن که ظاهر سنگ یکنواخت است که از گروه اول سنگ لوح، شیست و گنایس و از گروه دوم مرمیریت و کوارتزیت را می توان نام برد. مرمیر نوعی سنگ آهک (کربنات کلسیم) است که تحت فشار و حرارت زیاد دگرگون شده است. در این دگرگونی بلورهای ریز کلسیت مجدداً متبلور می شوند و به صورت بلورهای درشت درمی آیند. رگه های موجود در سنگ مرمیریت مربوط به ناخالصی های موجود در سنگ آهک اولیه است که شامل رس، سیلت، ماسه، اکسیدهای آهن و ... است. عموماً در صورت وجود بلورهای درشت و رنگ روشن، خاکستری و کرم، مرمیریت را کریستال می نامند و در صورتی که رنگ سنگ مرمیریت کاملاً سفید باشد به آن چینی گفته می شود، که ۹۹٪ آن SiO<sub>2</sub> بوده و مقادیری اکسید آهن و مواد معدنی مقاوم جزئی از قبیل zircon، rutile و magnetite در آن وجود دارد [۱۰ و ۱۱].

بر اساس توضیحات فوق مشخص می شود که با توجه به فرآیند تشکیل سنگ های فوق الذکر، حضور عناصر جزئی و فلزات سنگین در ترکیب سنگ ها محتمل می باشد. اگر چه در کتب زمین شناسی عدد و رقمی در این خصوص ارایه نشده اما نظر به گستردگی حضور عناصر سمی در پوسته

زایدات مربوط به ساخت و ساز و تخریب (C & D) طبقه بندی نمود که در دنیا توجهات زیادی را به خود جلب نموده و تحقیقات فراوانی برای استفاده مجدد و دفع مناسب این زایدات در حال انجام است [۶-۲].

### ترکیب شیمیایی زایدات و باطله های کارخانجات سنگبری

بر اساس بررسی های اولیه به عمل آمده در کشور، سنگ های تراورتن، گرانیات، مرمیریت و چینی بیشترین کاربرد را در کارخانجات سنگبری دارند لذا ترکیب زایدات و باطله های سنگبری نیز مرکب از این سنگ ها است. تراورتن نمونه ای از سنگ های آهکی است که جزء سنگ های رسوبی شیمیایی بوده و ترکیب اصلی آن کلسیت می باشد. کربنات کلسیم یا کلسیت (CaCO<sub>3</sub>)، کانی اصلی سنگ های آهکی و مرمیر بوده و فراوان ترین نمکی است که به مقدار زیاد در اطراف دهانه و مجاری چشمه ها رسوب می کند و سنگ تراورتن را تشکیل می دهد. از جمله مواد دیگری که توسط آب چشمه ها رسوب گذاری می شود می توان به سیلیس، هیدروکسید آهن، اکسید منگنز، کلرید سدیم، کربنات سدیم، ژیپس و گوگرد و سایر ترکیبات موجود در پوسته زمین اشاره کرد. تراورتن بیشتر به رنگ کرم، زرد، قهوه ای، خاکستری و سفید است [۷]. گرانیات نوعی از سنگ های آذرین است که ترکیب آن شباهت زیادی به نوع موادی دارد که در پوسته زمین مشاهده می شود. Si (سیلیس) فراوان ترین ماده موجود در سنگ های آذرین بوده لذا این سنگ ها بر اساس درصد سیلیس به چهار گروه زیر طبقه بندی می شوند:

- SiO<sub>2</sub> بیشتر از ۶۶ درصد: اسیدی مانند گرانیات- اصطلاحاً گرانیات سفید
- SiO<sub>2</sub> بین ۵۲ تا ۶۶ درصد: خنثی مانند دیوریت- اصطلاحاً گرانیات صورتی
- SiO<sub>2</sub> بین ۴۵ تا ۵۲ درصد: قلیایی مانند آندزیت- اصطلاحاً گرانیات طوسی
- SiO<sub>2</sub> کمتر از ۴۵ درصد: قلیایی شدید مانند گابرو- اصطلاحاً گرانیات مشکی

زمین (هر چند در غلظت کم) و وجود سنگ های معدنی حاوی فلزات سنگین از جمله مس، سرب، روی، آرسنیک، جیوه، باریم و منگنز [۱۲] می توان انتظار داشت که در بخشی از زایدات کارخانجات سنگبری، فلزات سنگین به صورت احتمالی حضور داشته باشند و آلودگی منابع آب و خاک (که می تواند از طریق زنجیره غذایی وارد بدن انسان ها شده و تجمع یابد (Bioaccumulation) می تواند به عنوان یک دغدغه زیست محیطی تلقی گردد؛ که البته این مورد نیازمند تحقیق است. در تحقیق حاضر با توجه به حجم بالای باطله های صنایع سنگبری در کشور و فقدان اطلاعات مستند در این خصوص، برای اولین بار موضوع زایدات این صنایع با توجه به فراوانی آن ها در استان قم، به صورت مطالعه موردی تحت بررسی قرار گرفت.

سنگبران استان قم تهیه و وضعیت استقرار آن ها بر روی نقشه موجود پیاده شد. سپس پرسشنامه ای تهیه گردید که حاوی اطلاعات عمومی (از قبیل نام، آدرس و شماره تلفن، تعداد پرسنل، سال شروع فعالیت، نوع مدیریت، مساحت واحد و ...) و اطلاعات تخصصی (از قبیل انواع و میزان محصولات تولید شده، تعداد دستگاه قله بر، مقدار زایدات و باطله های تولید شده، فواصل زمانی جمع آوری و دفع زایدات و محل دفع آن ها و ...) بود. پس از تهیه پرسشنامه به عنوان تست مقدماتی (pretest) به تعدادی از صنایع مراجعه و اطلاعات پرسشنامه در محل کارخانه تکمیل گردید و سپس نقایص موجود در پرسشنامه مرتفع شد. به منظور برآورد مقدار کل زایدات جامد سنگبری های استان قم از مجموع ۱۸۶ واحد سنگبری [۱۳] و بر اساس محل استقرار واحد ها و درصد فراوانی آن ها، به ۵۵ واحد صنعتی (۲۹٪) مراجعه شد و پس از مصاحبه با مدیریت هر واحد و مشاهده وضعیت موجود پرسشنامه ها تکمیل گردید. بعد از بررسی نتایج حاصل از پرسشنامه ها، موضوع با ریاست اتحادیه (شرکت تعاونی) سنگبری های قم مطرح و جلسه ای با حضور تعداد زیادی از صاحبان کارخانجات در محل اتحادیه برگزار گردید و یافته های تحقیق به این افراد ارایه و نظرات آن ها در خصوص شیوه های بهینه مدیریت زایدات و باطله های سنگبری ها جمع آوری گردید. برای بررسی وضعیت مکان های دفع باطله های سنگبری به سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری قم مراجعه و جلسات کارشناسی با مسئولین ذیربط تشکیل و بررسی های لازم انجام شد و اطلاعات موجود در خصوص مشخصات مکان های دفع مجاز نخاله ها و زایدات سنگبری تهیه و مطالعه گردید. همچنین مکان های شناسایی شده به صورت حضوری از نظر وضعیت موجود زیست محیطی مورد بررسی قرار گرفته و تصاویر لازم جهت مستندسازی تهیه شد.

### نتایج

بر اساس اطلاعات حاصل از تحقیق، در سطح استان قم ۱۸۶ واحد سنگبری فعال وجود دارد که تماماً در اطراف شهر قم (حداکثر تا شعاع ۱۵ کیلومتری) و در چهار منطقه

نمودار ۱- فلودیگرام فرآیند یک کارخانه سنگبری

```

graph TD
    A[جرقیل] --> B[قله بر]
    B --> C[طولی بر]
    C --> D[کله بر]
    D --> E[ساب نواری]
    E --> F[فرز دروازه ای]
    C --> G[ساب دستی]
    G --> H[فرز دستی]
    H --> I[بسته بندی]
    I[۷ سانتی بر] --> I
  
```

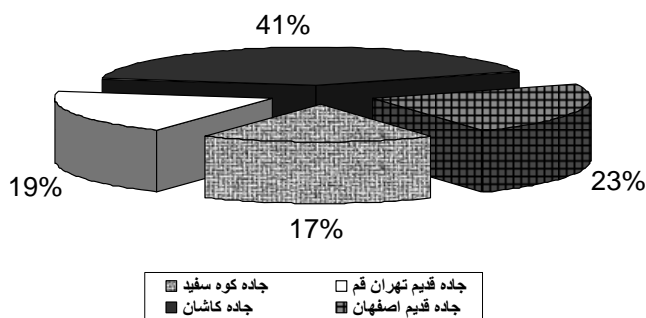
نمودار ۱- فلودیگرام فرآیند یک کارخانه سنگبری

### روش بررسی

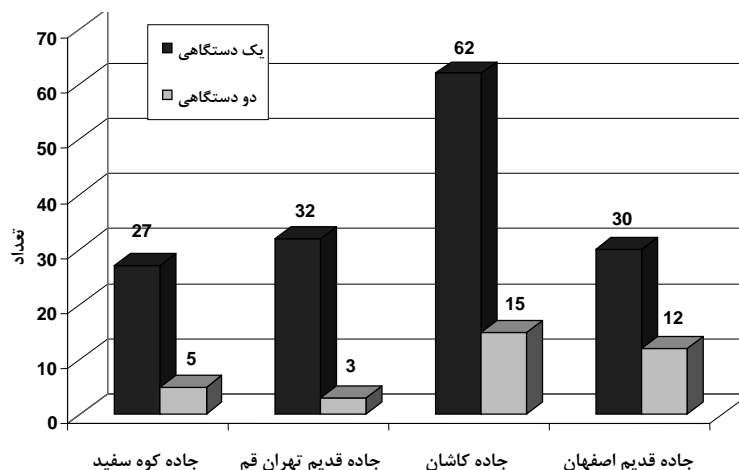
مطالعه حاضر از نوع تحقیقات توصیفی- کاربردی است. در این تحقیق وضعیت تولید و دفع زایدات جامد صنایع سنگبری در استان قم از نظر زیست محیطی بررسی گردید. در شروع مطالعه ابتدا فهرست صنایع سنگبری فعال با مراجعه به سازمان صنایع و معادن استان و اتحادیه

دستگاهی و ۳۵ واحد دو دستگاهی می باشند. بیشترین فراوانی کارخانجات در جاده کاشان و به تعداد کل ۷۷ واحد می باشد. در جدول ۲ میزان کل زایدات تولیدی در سال با در نظر گرفتن محل های استقرار کارخانجات و بر حسب محل های چهارگانه تخلیه باطله ها ارایه شده و نمودار ۳ نیز تعداد سنگبری ها را بر اساس تعداد دستگاه و محل استقرار ارایه می نماید.

جاده کوه سفید، جاده قدیم تهران- قم ، جاده کاشان و جاده قدیم اصفهان قرار دارند (نمودار ۲) که زایدات و باطله های خود را به ترتیب در جایگاه های شماره ۱، ۳، کوره چال ها و جایگاه مجاز شماره ۲ تخلیه می کنند. این کارخانه ها از نظر دارا بودن تعداد دستگاه برش سنگ به دو دسته یک دستگاهی و دو دستگاهی تقسیم می شوند . از تعداد کل ۱۸۶ واحد سنگبری، تعداد ۱۵۱ واحد یک



نمودار ۲- توزیع درصد فراوانی کل کارخانجات سنگبری از نظر محل استقرار



نمودار ۳- تعداد کارخانجات سنگبری یک و دو دستگاهی شهر قم بر حسب محل استقرار

جدول ۲- صنایع سنگبری مستقر در اطراف شهر قم بر اساس محل استقرار و محل دفع زایدات و باطله ها

محل تخلیه باطله ها و زایدات	تعداد			نام منطقه
	جمع	دو دستگاهی	یک دستگاهی	
جایگاه مجاز شماره ۱	۳۲	۵	۲۷	جاده کوه سفید
جایگاه مجاز شماره ۳	۳۵	۳	۳۲	جاده قدیم تهران قم
کوره چال ها (چاله های کوره های آجرپزی)	۷۷	۱۵	۶۲	جاده کاشان
جایگاه مجاز شماره ۲	۴۲	۱۲	۳۰	جاده قدیم اصفهان
جمع	۱۸۶	۳۵	۱۵۱	

نکات مربوط به جدول:

- ۱۸۶ واحد سنگبری عضو انجمن سنگبران قم ( صنایع سنگ همگن استان قم) می باشند
- ۱۴۰ واحد عضو شرکت تعاونی سنگبران قم هستند
- تعداد محدودی سنگبری در جاده اراک قرار دارند که در تعداد سنگبری های جاده قدیم اصفهان منظور شده اند.



حدود دو سوم کل زایدات به صورت سنگ خرد و شکسته و پودر بوده و یک سوم به صورت لجن (گل خشک) می باشد. مقدار سالیانه زایدات تولید شده در صنایع سنگبری به تفکیک صنایع یک دستگاهی و دو دستگاهی و محل دفع، در جداول ۳ و ۴ و نیز مقدار تخمینی کل زایدات دفع شده به تفکیک مناطق، در جدول ۵ ارایه شده است.

به طور متوسط حدود ۵۰٪ کل بلوک های سنگ وارده به کارخانه به صورت باطله در آمده و از کارخانه دفع می شود که رقم قابل توجهی است. صنایع سنگبری دارای یک دستگاه برش به طور متوسط ۴۰۰ تن در سال زایدات و باطله تولید می کنند که این مقدار برای صنایع سنگبری دارای ۲ دستگاه برش به طور متوسط ۶۰۰ تن در سال می باشد.

جدول ۳- مقدار سالیانه زایدات تولید شده در کارخانجات سنگبری شهر قم به تفکیک تعداد دستگاه

نوع کارخانه	تعداد در استان	نرخ متوسط زایدات تولیدی (تن در سال)	مقدار کل برآورد شده (تن در سال)
یک دستگاهی	۱۵۱	۴۰۰	۶۰۴۰۰
دو دستگاهی	۳۵	۶۰۰	۲۱۰۰۰
جمع	۱۸۶		۸۱۴۰۰

جدول ۴- میزان برآورد شده زایدات کارخانجات سنگبری بر حسب محل دفع

محل دفع	موقعیت	تعداد کارخانجات تحت پوشش		جمع کل زایدات تخلیه شده (تن در سال)
		یک دستگاهی	دو دستگاهی	
جایگاه شماره ۱	جاده کوه سفید	۲۷	۵	۱۳۸۰۰
جایگاه شماره ۲	جاده قدیم اصفهان	۳۰	۱۲	۱۹۲۰۰
جایگاه شماره ۳	جاده قدیم تهران-قم	۳۲	۳	۱۴۶۰۰
کوره چال ها ( چاله های کوره های آجرپزی)	جاده کاشان	۶۲	۱۵	۳۳۸۰۰
جمع کل		۱۵۱	۳۵	۸۱۴۰۰

جدول ۵- برآورد تقریبی کل باطله های کارخانجات سنگبری دفع شده در استان قم به تفکیک مناطق دفع از بدو استقرار

متغیر	محل استقرار	جاده کاشان (کوره چالها)	کوه سفید (شماره ۱)	جاده قدیم تهران (شماره ۳)	جاده اصفهان (شماره ۲)	جاده اراک
تعداد واحد مستقر	۷۳	۳۴	۳۴	۳۴	۴	
کل سال های استقرار	۶۳۴	۴۷۶	۳۵۷	۳۶۰	۵۲	
کل باطله های دفع شده بر حسب تن*	۳۱۷۰۰۰	۲۳۸۰۰۰	۱۷۸۵۰۰	۱۸۰۰۰۰	۲۶۰۰۰	

- برای برآورد این مقادیر بدین طریق عمل شد که ابتدا از روی سال صدور مجوز بهره برداری، تعداد سال های استقرار و فعالیت برای هر کارخانه ای محاسبه و سپس برای هر منطقه استقرار، تعداد کل سال های استقرار کارخانجات با هم جمع بسته شد و آنگاه عدد حاصله در مقدار متوسط ۵۰۰ تن در سال برای هر کارخانه به عنوان سرانه سالیانه تولید زایدات ضرب شد.

ازای هر کارخانه متغیر است که هر کامیون توانایی حمل و دفع حدود ۱۰ تن باطله را دارد. سنگ های فرآوری شده و مورد استفاده در کارخانجات سنگبری شامل سنگ های چینی، تراورتن، مرمریت و گرانیت می باشد که میزان زایدات تولیدی در انواع سنگ ها به صورت زیر است:

چینی < مرمریت < تراورتن < گرانیت

بر اساس جدول ۵ میزان کل زایدات دفع شده توسط کارخانجات سنگبری در استان قم در مکان های دفع مجاز، برابر ۹۳۹۵۰۰ تن می باشد. درصد تبدیل سنگ به باطله بر حسب شیوه برش مورد استفاده، کیفیت قطعه سنگ، نوع سنگ، نحوه استخراج و برش در معدن بین ۴۰ تا ۶۰٪ در نوسان است که به طور متوسط حدود ۵۰٪ سنگ در کارخانجات سنگبری به باطله تبدیل می شود. مقدار زایدات کارخانجات سنگبری در یک سال از ۳۰ تا ۳۵۰ کامیون به

به همراه سایر باطله های کارخانه به محل دفع منتقل می شود. عمل جمع آوری و دفع باطله ها توسط پیمان کاران بخش خصوصی صورت می گیرد که در مقابل دریافت حق الزحمه از صاحبان صنایع این کار را انجام می دهند. تقریباً کلیه صنایع باطله های خود را در محل های دفع تعیین شده توسط شهرداری دفع می نمایند (تصویر ۳) که متأسفانه در محل های دفع تعیین شده نظارت صحیحی بر نحوه دفع باطله ها وجود ندارد و اصول صحیح زیست محیطی رعایت نمی شود (تصویر ۴).



تصویر ۲- حوضچه های رسوبگیری در یک کارخانه با نگهداری ضعیف؛ پس از تبخیر و خشک شدن گل ها تخلیه و به محل دفع منتقل می شود.

هر کارخانه معمولاً هر شش ماه تا یک سال، یک بار نسبت به تخلیه باطله های خود اقدام می نماید. پیش از فرارسیدن موعد تخلیه، باطله ها در گوشه ای از کارخانه یا زمین های اطراف تلنبار می شوند (تصویر ۱). مواد زاید حاصل از برش همراه با آب استفاده شده جهت خنک سازی وارد حوضچه های تصفیه آب می شود. در این حوضچه ها که به صورت سری می باشد، رسوبگیری ثقلی انجام شده و آب صاف شده مورد استفاده مجدد قرار می گیرد (تصویر ۲). هر چند ماه لجن حوضچه ها تخلیه و در چاله ها و زمین های اطراف کارخانه تخلیه شده و پس از تبخیر و خشک شدن



تصویر ۱- تلنبار کردن و نگهداری باطله ها در یک کارخانه سنگبری



تصویر ۴ - عدم رعایت اصول صحیح دفع زایدات سنگبری و نخاله های ساختمانی در محل دفع تعیین شده



تصویر ۳ - دفع زایدات سنگبری و نخاله های ساختمانی در محل دفع

#### تفسیر نتایج

آلودگی حاصل از آن ها به حداقل برسد. زایدات کارخانجات سنگبری در مقایسه با زباله های معمولی شهری دارای مواد تجزیه پذیر و فاسد شدنی نمی باشند، از این رو مشکل بو و جذب حشرات و جوندگان و تولید شیرابه در اثر تجزیه مواد آلی در مورد آن ها وجود ندارد. البته طبیعی است که اگر این باطله ها دارای موارد سمی باشند در اثر نفوذ

مدیریت صحیح زیست محیطی باطله ها و زایدات جامد کارخانجات سنگبری می تواند شامل به حداقل رساندن میزان زایدات تولید شده، بازیافت و استفاده مجدد، جمع آوری و دفع کنترل شده، کنترل مکان های دفع و مواردی از این قبیل باشد تا اثرات منفی زیست محیطی و

آب های سطحی حاصل از بارندگی، این مواد می توانند به شکل محلول در آمده و منابع آب سطحی و سفره های آب زیرزمینی را آلوده نمایند. این زایدات نسبت به زباله های شهری دارای وزن حجمی (چگالی) بیشتری هستند و در حمل آن ها بایستی این مورد در نظر گرفته شود. دفع و انباشته نمودن این مواد می تواند آسیب هایی را به محیط زیست برساند که از مهم ترین آن ها می توان به تخریب پوشش گیاهی منطقه دفع، تغییر توپوگرافی منطقه دفع و در نتیجه تغییر احتمالی مسیر آب های سطحی و روان آب ها و احتمال فرسایش خاک، ورود ترکیبات غیر بومی به خاک منطقه و آلودگی احتمالی خاک توسط مواد موجود در باطله ها و تخریب چشم انداز منطقه اشاره نمود، که مورد آخر به ویژه زمانی که جاده های بین شهری از کنار مناطق دفع باطله ها عبور می نماید اهمیت خاص می یابد. بر اساس نتایج حاصل از تحقیق حاضر متاسفانه وضعیت دفع زایدات حاصل از صنایع سنگبری در استان قم چندان مطلوب نمی باشد. کمینه سازی این زایدات در کوتاه مدت با توجه به جنبه های اقتصادی قضیه در حال حاضر امکان پذیر نبوده و در برنامه بلند مدت مدیریتی می تواند مورد نظر قرار گیرد، که نیازمند اجرای طرح مشترک بین بخش های مختلف اجرایی است. بخشی از این امر مربوط به استخراج سنگ معدن در معادن و اصلاح شیوه های تهیه بلوک های سنگ معدنی است، به طوری که زایدات در هنگام برش در کارخانه سنگبری به حداقل برسد و بخشی دیگر نیازمند به کارگیری دستگاه های برش پیشرفته در کارخانجات سنگبری و آموزش کارگران ماهر است، که البته بار اقتصادی قابل توجهی برای کارخانجات در پی دارد. از نظر تقویت استفاده مجدد، گسترش صنایع بازیافت زایدات سنگبری يك اقدام میان مدت می تواند در نظر گرفته شود. بر اساس بررسی صورت گرفته در سطح استان قم حدود ۱۰ کارخانه سنگ کوبی وجود دارد که اکثر آن ها باطله های سنگبری را کوبیده و تبدیل به موزاییک (پودر سنگ + سیمان)، خاک سنگ و سنگ نمره موزاییک می کنند. ظرفیت مصرف باطله توسط کارخانه های سنگ کوبی حداکثر در حدود ۱۵۰۰۰ تن در سال یعنی ۱۸٪ کل باطله

های تولید شده است و برای بازیافت کامل باطله ها لازم است ظرفیت کارخانجات سنگ کوبی حداقل ۵ برابر شود. متاسفانه تعدادی از کارخانجات سنگ کوبی بخشی از مواد اولیه خود را به طور مستقیم از خرده سنگ ها و باطله های معدن تهیه می کنند چرا که جنس آن ها در معدن یکنواخت است. دلیل این امر آن است که در صنایع سنگبری انواع باطله ها با جنس و رنگ مختلف و گاهی همراه با گل در یک جا ذخیره و تلمبار می شوند لذا سنگ کوبی ها به عنوان ماده اولیه از آن ها استفاده نمی کنند و لازم است موضوع جمع آوری و نگهداری تفکیک شده و جداگانه انواع باطله ها در کارخانجات سنگبری مورد توجه جدی قرار گیرد. زیاد بودن معادن شن و ماسه در سطح استان قم نیز، عاملی در جهت عدم تمایل به مصرف باطله های سنگبری ها است. این در حالی است که بر خلاف استان قم در استان اصفهان، عمده باطله های تولید شده در صنایع سنگبری برای تولید شن و ماسه مورد استفاده قرار می گیرد. به طور کلی بازیافت باطله های سنگبری به عنوان بهترین راهکار مدیریت صحیح این باطله ها مطرح می باشد. در مطالعه حاضر مشخص شد اغلب صاحبان صنایع سنگبری از امکان بازیافت باطله ها و اقدامات انجام شده در سایر شهر ها و گاهی در سایر کشورها اطلاع داشته و بازیافت را به عنوان بهترین راهکار در نظر می گیرند. استفاده در کارخانجات سنگ کوبی به منظور تهیه موزاییک، خاک سنگ، سنگ نمره موزاییک، شن و ماسه و سنگ مصنوعی، استفاده در زیر سازی جاده ها، راه ها و پر نمودن اراضی پست، تهیه بلوک و استفاده در حصارکشی و .. عمده ترین راهکارهای بازیافت و استفاده مجدد باطله ها است که مورد نظر صاحبان صنایع می باشد. در خصوص وضعیت جمع آوری و دفع زایدات و باطله های کارخانجات سنگبری می توان به اقدام قابل توجه شهرداری قم در تعیین مکان های مشخص برای دفع این زایدات و نیز جمع آوری و حمل و نقل آن ها توسط صاحبان خود صنایع اشاره کرد که البته به طور کامل منطبق بر اصول زیست محیطی صحیح نبوده و لازم است به عنوان بخشی از برنامه های کوتاه مدت مدیریتی با اجرای قاطع قانون پیشگیری از دفع غیر مجاز در خارج از مکان های

سنگبری ها به عنوان برنامه های میان مدت و طولانی مدت:

- ۱- اصلاح شیوه برش در معدن سنگ ( بریدن با سیم بر و به صورت قالبی و مکعبی)
- ۲- اصلاح شیوه برش در کارخانه با بهره مندی از دستگاه های برش پیشرفته و شیوه های نوین برش
- ۳- آموزش و به کارگیری کارگران ماهر و آشنا به روش های جدید

#### سیاسگزاری

تحقیق حاضر با استفاده از حمایت مالی سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان قم انجام شده است که بدین وسیله نویسندگان لازم می دانند از مدیریت محترم آن سازمان و کارشناسان محترم بخش تحقیقات تشکر و قدردانی نمایند.

#### منابع

۱. مرکز آمار ایران (۱۳۸۲). نتایج آمارگیری از کارگاه های صنعتی کشور
2. Bianchini G., Marrocchino E., Tassinari R. and Vaccaro (2005) Recycling of construction and demolition waste materials: a chemical- mineralogical appraisal. *Waste Management*, Volume 25, Issue 2, pp: 149-159.
3. Wang J.Y., Touran A., Christoforou C. and Fadlalla H. (2004) A systems analysis tool for construction and demolition wastes management, *Waste Management*, Volume 24, Issue 10, pp 989 - 997.
4. Kartam N., Al-Mutairi N., Al-Ghusain I., and Al-Humoud J. (2004) Environmental management of construction and demolition waste in Kuwait. *Waste Management*, Volume 24, Issue 24,

تعیین شده از طریق به کارگیری ماموران مربوطه، نسبت به کنترل دفع غیر مجاز اقدام نمود. از نظر مدیریت بهینه مکان های دفع لازم است با اجرا و رعایت دفع تفکیک شده نسبت به دفع جداگانه باطله های سنگبری، نخاله های ساختمانی و سایر مواد به صورت بلوک بندی شده اقدام نمود و با حصار کشی مکان های دفع به منظور مشخص نمودن محدوده دفع، از حداکثر ظرفیت این مکان ها بهره جست. نصب تابلوهای هشدار دهنده و راهنمایی کننده در مکان های دفع، تسطیح، لایه بندی باطله ها و پوشش باطله ها با خاک جهت تغییر کمتر توپوگرافی منطقه و حفظ جنبه های زیبا شناختی از دیگر اقدامات ضروری است. ارایه آموزش های لازم به پیمانکاران بخش خصوصی جهت دفع بهینه زایدات جامد سنگبری ها نیز می تواند اثرات مثبتی را به همراه داشته باشد. نظر به فراوانی صنایع سنگبری در کشور و به ویژه استان قم و کاربرد گسترده سنگ های ساختمانی لازم است وضعیت مواد زاید حاصل از این واحدهای صنعتی تحت مدیریت صحیح قرار گیرد. به منظور بهبود وضعیت پیشنهادات زیر می تواند مورد نظر برنامه ریزان و مدیران امر قرار گیرد:

- استفاده از تجارب صاحبان صنایع سنگبری در امر مدیریت بهینه باطله.
- توسعه کارخانجات سنگ کوبی به منظور بازیافت بیشتر زایدات سنگبری ها و افزایش مصرف باطله برای مقاصد سودمند با حمایت شهرداری از بخش خصوصی.
- تشویق کارخانجات سنگ کوبی جهت استفاده از باطله های کارخانجات سنگبری به عنوان مواد اولیه به جای استفاده از خرده سنگ ها و باطله های معدن.
- ارایه آموزش های لازم به صاحبان صنایع سنگبری جهت تفکیک و نگهداری جداگانه انواع زایدات سنگبری و پرهیز از اختلاط آن ها با لجن و همچنین با یکدیگر جهت تسهیل استفاده مجدد توسط کارخانه های سنگ کوبی
- جایگزینی استفاده از باطله ها در تولید شن و ماسه به جای استفاده از معادن شن و ماسه
- بهره گیری از راهکارهای زیر جهت کاهش باطله های

pp1049 - 1059.

۹. فصلنامه سنگ های تزئینی ایران. «سنگ»، شماره ۴، سال

۱۳۷۰.

10. Marble - Wikipedia, the free encyclopedia.htm

«<http://en.wikipedia.org/wiki/Marble>» Accessed

13 Jen 2007

11. Quartzite - Wikipedia, the free encyclopedia.

htm «<http://en.wikipedia.org/wiki/Quartzite>» Ac-

cessed 13 Jen 2007

12. Jentoft P. (2002) Toxic stones. [http://www.solar-](http://www.solar-raven.com/f-55-TOXIC-STONES.html)

[raven.com/f-55-TOXIC-STONES.html](http://www.solar-raven.com/f-55-TOXIC-STONES.html)

۱۳. سازمان برنامه و بودجه . سالنامه آماری استان قم ، آمارنامه

استان ، ۱۳۷۹

5. Azizian M.F., Nelson P.O., Thaymanavan P. and Williamson K.J. (2003) Environmental impact of highway construction and repair materials on surface and ground waters : case study : crumb rubber asphalt. Waste Management , Volume 23, Issue 8, pp 719-728.

6. Eikelboom R.T., Ruwiel E. and Goumans J.(2001) The building materials decree : an example of Dutch regulation based on the potential impact on the environment. Waste Management , Volume 21, Issue 3, pp 295-302

7. Travertine - Wikipedia, the free encyclopedia. htm «<http://en.wikipedia.org/wiki/Travertine>» Accessed 13 Jen 2007

8. Granite - Wikipedia, the free encyclopedia.htm, «<http://en.wikipedia.org/wiki/Granite>», Accessed 13 Jen 2007



## تثبیت و جامد سازی لجن حاصل از صنایع آبکاری با استفاده از مصالح ساختمانی

وحید شاپوری

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست دانشگاه صنعتی امیرکبیر (عهده دار مکاتبات)

سید محمد رضا علوی مقدم\*

تقی عبادی\*

\*استاد یار دانشگاه صنعتی امیرکبیر

تاریخ دریافت: ۸۵/۸/۱۰

تاریخ پذیرش: ۸۵/۱۲/۱۵

### چکیده

تثبیت و جامد سازی فرآیند متداولی است که برای تصفیه نهایی مواد زاید خطرناک ، قبل از مرحله دفن انجام می شود. از این روش در تصفیه بسیاری از آلاینده های خطرناک از جمله لجن های حاوی فلزات سنگین استفاده می شود. در این تحقیق از سیمان و میکروسیلیس برای تثبیت کروم شش ظرفیتی موجود در لجن صنایع آبکاری استفاده شده است. نمونه های تثبیت شده با استفاده از آزمایش TCLP و مقاومت فشاری مورد ارزیابی قرار گرفته اند. نمونه ها براساس غلظت های مختلف کروم در لجن (۱۲ ، ۶ و ۱ گرم بر لیتر) و بر اساس استاندارد ASTM C109/C 109M - 95 ساخته شده است. نتایج حاصله از آزمایش TCLP نشان می دهد که غلظت کروم در محلول شستشو دهنده ، در نمونه های تثبیت شده ای که با غلظت کروم در لجن ۱۲ و ۶ گرم بر لیتر ساخته شده است ، از مقدار حداکثر غلظت کروم در آزمایش TLCP (۵ میلی گرم بر لیتر) بالاتر بوده و این نمونه ها جزو مواد زاید خطرناک محسوب می شود. در عین حال نتایج حاصل از مقدار تثبیت کروم نشان می دهد که تثبیت کروم با استفاده از سیمان کاملاً موثر بوده و به طور متوسط ۸۷٪ کروم لجن ، در نمونه ها تثبیت شده است که این درصد با توجه به غوه دفن این گونه لجن ها در کشورمان ، قابل قبول به نظر می رسد. همچنین جایگزینی ۱۰٪ میکروسیلیس به جای سیمان موجب شده است که بازدهی حذف کروم در این روش برای نمونه های ۲۸ روزه ۴٪ افزایش پیدا کند که این نتیجه تاثیر مثبت استفاده از میکروسیلیس را در جهت بهبود فرآیندهای هیدراتاسیون سیمان و کیفیت تثبیت و جامد سازی نشان می دهد. در پایان نیز نتایج آزمایش مقاومت فشاری نشان می دهد مقاومت تمامی نمونه های ساخته شده ، از مقاومت حداقل EPA برای مواد زاید تثبیت شده ، بیشتر بوده و قابلیت دفن در محل های دفن را خواهند داشت.

**واژه های کلیدی:** لجن آبکاری ، تثبیت کروم ، جامدسازی و تثبیت ، سیمان ، میکروسیلیس

### مقدمه

یکی از معضلات زیست محیطی واحدهای صنعتی در کشور ما ، دفع لجن حاصل از این واحدها میباشد. از جمله این واحدها ، واحدهای آبکاری فلزات هستند که لجن حاصل از این واحدها عموماً شامل غلظت های بالایی از فلزات سنگین خصوصاً کروم ، نیکل ، سرب ، روی و ... است (۳). تثبیت و جامدسازی این لجن ها می تواند در کنترل انتقال آلودگی از محل های دفن به منابع زیر زمینی ، نقشی مهمی داشته باشد. وجود حجم انبوهی از این لجن ها در کشور ما و آلودگی خاک و منابع زیر زمینی ضرورت

تثبیت و جامد سازی به عنوان یکی از ابزارهای مهم مدیریت مواد زاید خطرناک می تواند در کنترل آلودگی مواد زاید خطرناک نقش اساسی ایفا کند (۱). این تکنولوژی برای تصفیه فاضلاب های صنعتی ، تصفیه مواد زاید قبل از دفن نهایی و تصفیه منطقه آلوده استفاده می شود (۲). هدف از انجام عملیات تثبیت و جامد سازی کاهش انتقال آلودگی های مختلف از داخل محل دفن به محیط های طبیعی می باشد (۳).

استفاده از این روش را در جهت ایمن کردن محل های دفن مواد زاید خطرناک، نشان می دهد.

به طور کلی در روش های تثبیت و جامدسازی، سیمان یکی از موادی است که به طور قابل ملاحظه ای در تثبیت لجن های حاوی فلزات سنگین خصوصا کروم استفاده می شود. برای تثبیت کروم توسط سیمان و مواد افزودنی مختلف به تحقیقات انجام شده توسط Darmatas، Jun Qian، Park، می توان اشاره نمود (۴-۷). هدف از انجام این مطالعه بررسی میزان تثبیت و جامد سازی فلز کروم موجود در لجن صنایع آبکاری با استفاده از سیمان و افزودنی میکروسیلیس است. در این تحقیق با استفاده از نتایج آزمایش تراوش آلودگی (TCLP) میزان خطرناک بودن مواد زاید پس از تثبیت و جامد سازی مورد بررسی قرار گرفت. همچنین با استفاده از نتایج آزمایش مقاومت، میزان تحمل نمونه ها در برابرهای محیطی ارزیابی شد.

#### مواد و روش ها

##### مواد

##### سیمان و میکروسیلیس

در این تحقیق از سیمان تیپ دو برای تثبیت شیمیایی فلز کروم و از میکروسیلیس نیز به عنوان یک افزودنی و جایگزین سیمان جهت تقویت واکنش های هیدراتاسیون سیمان استفاده شده است. مشخصات ترکیبات شیمیایی میکروسیلیس به طور عمومی در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- مشخصات عمومی میکروسیلیس مصرفی [۱۷]

اکسیدها (%)	میکروسیلیس
CaO	۲ - ۲/۳
SiO <sub>2</sub>	۸۵ - ۹۵
MgO	۰/۱ - ۰/۹
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۰/۵ - ۱/۷
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۰/۴ - ۲
K <sub>2</sub> O	-----
سایر اکسیدها	۰/۶ - ۱/۵

#### لجن صنایع آبکاری

لجن استفاده شده در این تحقیق از وان اصلی یک واحد آبکاری کروم واقع در تهران (منطقه تهرانپارس) نمونه برداری شده است. نتایج به دست آمده از آنالیز لجن فوق به صورت خلاصه در جدول ۲ آورده شده است. در این تحقیق، برای ساخت نمونه های مختلف جهت انجام فرآیند جامد سازی و تثبیت از لجن اولیه و محلول های رقیق شده آن استفاده شد.

#### روش ها

##### آماده سازی نمونه ها

در فاز صفر این تحقیق نمونه هایی با نسبت های مختلف لجن به سیمان ساخته شد و براساس اصل توجیه کیفی نمونه ها، نمونه هایی که پس از گذشت ۲۴ ساعت امکان جداسدن از قالب را داشتند به عنوان نمونه های اصلی طرح انتخاب شدند. در جدول ۳ نسبت های اختلاط انتخاب شده ارایه شده است. این نمونه ها بر اساس دستورالعمل ارایه شده در ASTM C109/C109M-95 ساخته شده است. با توجه به اسیدی بودن لجن از سود صنعتی جهت خنثی سازی استفاده و pH لجن به ۸/۵ رسانده شد.

جدول ۲- نتایج آنالیز بر روی لجن وان اصلی آبکاری کروم

پارامتر	پارامتر	مقدار اندازه گیری شده
غلظت کروم شش ظرفیتی	گرم بر لیتر	۱۲
TSS	میلی گرم بر لیتر	۶۲۰
وزن مخصوص خشک (ρ <sub>d</sub> )	کیلوگرم بر متر مکعب	۳۰۶
درصد رطوبت (W <sub>d</sub> )	درصد	۸۲
pH		۲/۶



جدول ۳- نسبت های بهینه انتخاب شده جهت ساخت و درصد وزنی ترکیبات

ردیف	درصد وزنی سیمان مصرفی	درصد وزنی میکروسیلیس مصرفی	درصد وزنی لجن مصرفی	نسبت لجن به سیمان و میکروسیلیس
۱	۷۰	۵	۲۵	۲۵/۷۵
۲	۶۵	۱۰	۲۵	۲۵/۷۵
۳	۷۵	۰	۲۵	۲۵/۷۵
۴	۶۵	۵	۳۰	۳۰/۷۰
۵	۶۰	۱۰	۳۰	۳۰/۷۰
۶	۷۰	۰	۳۰	۳۰/۷۰
۷	۵۵	۵	۴۰	۴۰/۶۰
۸	۵۰	۱۰	۴۰	۴۰/۶۰
۹	۶۰	۰	۴۰	۴۰/۶۰

استخراج کروم موجود در نمونه ها قرار داده شد . و پس از استخراج ، میزان کروم موجود در محلول شستشودهنده اندازه گیری شد .

در نهایت نمونه ها با استفاده از سه غلظت مختلف کروم در لجن (۱۲ و ۶ و ۱ گرم بر لیتر لجن های رقیق شده ) ساخته و آزمایش های مورد نظر صورت پذیرفت.

#### دستگاه آنالیز کروم

جهت اندازه گیری میزان کروم موجود در محلول تراوش شده از دستگاه اسپکتروفوتومتر با مشخصات DR/4000U و با طول موج ۵۴۰ نانومتر استفاده شده است . اندازه گیری غلظت کروم براساس روش کتاب 3500-Cr B Standard Method بوده است (۹) .

#### بحث و نتایج

در این تحقیق با استفاده از دو آزمایش تراوش آلودگی (TCLP) و مقاومت فشاری، میزان تثبیت و جامد سازی فلز کروم با استفاده از سیمان مورد ارزیابی قرار گرفته است . نتایج حاصل در دو قسمت نتایج حاصل از آزمایش تراوش آلودگی و مقاومت فشاری به صورت زیر ارایه می شود:

#### نتایج حاصل از آزمایش تراوش آلودگی ( TCLP )

آزمایش تراوش آلودگی (TCLP) یکی از مهمترین و متداول ترین تست های آبشویی مواد زاید خطرناک است که در بسیاری از تحقیقات مربوط به تثبیت و جامدسازی مواد زاید خطرناک استفاده می شود . در مورد فلزات سنگین تثبیت شده، با استفاده از این تست می توان میزان جدا شدن فلزات سنگین را از ماده تثبیت شده تحت شرایط طبیعی در

#### آزمایش مقاومت فشاری

آزمایش مقاومت فشاری یکی از مهمترین آزمایش های بتن است که در مهندسی عمران استفاده می شود. در این آزمایش نمونه ها توسط دستگاه پرس هیدرولیکی شکسته شده و میزان نیروی وارده به نمونه توسط دستگاه از گیج خوانده می شود و در نهایت با تقسیم نیرو بر سطح نمونه ها مقدار مقاومت فشاری بر حسب کیلوگرم بر سانتی متر مربع محاسبه می شود . با توجه به نتایج این آزمایش می توان میزان تحمل مواد تثبیت شده را در برابر بارهای محیطی در محل های دفن تخمین زد. در این تحقیق آزمایش مقاومت براساس استاندارد ASTM C1۰۹ انجام شده است . نمونه ها پس از ساخت در سن ۲۸ روز تحت این آزمایش قرار گرفتند .

#### آزمایش TCLP

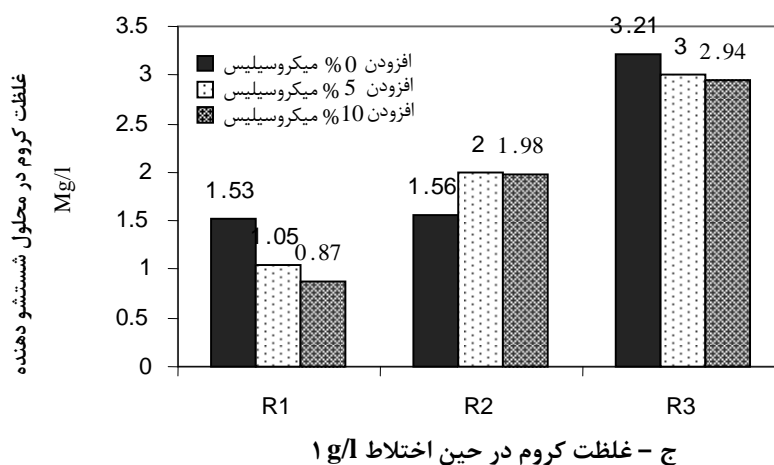
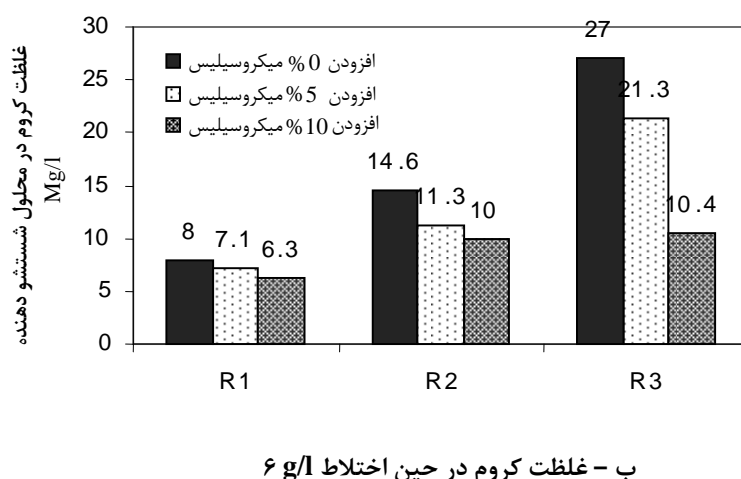
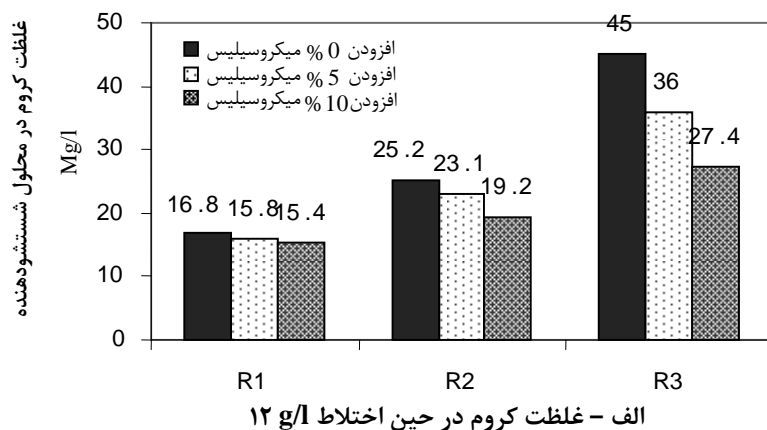
آزمایش انتخاب شده جهت آبشویی نمونه ها ، آزمایش تراوش آلودگی TCLP بوده است . آزمایش فوق طبق استاندارد EPA-۱۳۱۱ انجام شده است (۸) . در این راستا ابتدا نمونه شکسته شده و از هسته نمونه ها ، نمونه برداری انجام شد سپس نمونه های انتخاب شده به مدت ۱۷ ساعت در دستگاه مخصوص اغتشاش گر دورانی (تامبلر) جهت

محل های دفن بررسی نمود (۲).

با طرح های مختلف اختلاط پس از ۲۸ روز از ساخت نمونه ها نشان داده شده است که در قسمت های الف ، ب و ج غلظت های کروم در لجن به ترتیب ۶، ۱۲ و ۱۶ گرم بر لیتر می باشد. نتایج به دست آمده در نمودار ۱ قسمت الف وب نشان می دهد که در همه طرح های اختلاط مقدار غلظت

مقایسه غلظت کروم در نمونه ها با استاندارد آزمایش تراوش آلودگی

در نمودار شماره ۱ غلظت کروم در محلول شستشو دهنده



R1-اختلاط با نسبت لجن به سیمان ۲۵/۷۵      R2- اختلاط با نسبت لجن به سیمان ۲۰/۷۰      R3- اختلاط با نسبت لجن به سیمان ۴۰/۶۰  
 نمودار ۱- تاثیر غلظت اولیه کروم در لجن بر غلظت کروم در محلول شستشودهنده در نسبت های مختلف طرح اختلاط درصد تثبیت شیمیایی کروم در نمونه های تثبیت شده با استفاده از سیمان و میکروسیلیس

می دهد که میزان تراوش پذیری کروم به مقدار قابل توجهی کاهش پیدا کرده است. البته به نظر می رسد درصد بازدهی حذف کروم در آزمایشات Asavapisit بیشتر از درصد بازدهی به دست آمده در نتایج این تحقیق بوده است، که این تفاوت بیشتر به ماهیت لجن تثبیت شده در دو نوع تحقیق بر می گردد.

همچنین وجود غلظت های سایر فلزات سنگین و تداخل آن ها در نتایج آزمایشات از یک سو و تفاوت تکنیک های کار در صنایع آبکاری در کشورهای مختلف از سوی دیگر باعث می شود تا نتایج آزمایشات در مناطق مختلف متفاوت باشد .

نتایج آزمایش TCLP در بخش قبل نشان می دهد که بسیاری از نمونه های تثبیت شده جزو مواد خطرناک به شمار می آیند ولی با این حال درصد تثبیت کروم در نمونه ها نشان می دهد که مقادیر قابل ملاحظه ای از فلز کروم در نمونه ها تثبیت شده است به همین دلیل استفاده از این روش می تواند در کاهش سمیت مواد زاید دفن شده در محل های دفن نقش مهمی را داشته باشد و در حل معضلات زیست محیطی دفن این گونه مواد در کشور ، ما را یاری دهد.

کروم در محلول شستشو دهنده از حداکثر مقدار ارایه شده در آزمایش TCLP (۵ میلی گرم بر لیتر)، (۱۸) بیشتر بوده است و از نظر این استاندارد ماده تثبیت شده جزو مواد زاید خطرناک محسوب می شود. نتایج نمودار ۱ قسمت ج نیز نشان می دهد که غلظت کروم در مایع شستشو دهنده از غلظت حداکثر مجاز کروم کمتر بوده است و نمونه تثبیت شده قابلیت دفن در محل های دفن مواد زاید خطرناک را داراست .

در جدول ۴ تاثیر غلظت کروم در لجن بر روی درصد تثبیت کروم در نمونه ها در طرح اختلاط های مختلف نشان داده شده است. لازم به توضیح است که درصدهای به دست آمده در این جدول با استفاده از نتایج حاصل از آزمایش تراوش آلودگی و معادله تعادل جرم به محاسبه شده است.

نتایج حاصله از جدول ۴ نشان می دهد که کروم در نمونه های حاوی لجن به طور متوسط ۸۷ درصد تثبیت شده است. طبق الگویی که توسط J.R.Conner (۱۰) ارایه شد. مشخص گردیده است که عموماً فلز کروم در حین تثبیت به درون کریستال های ژل سیلیکات سیمان هیدراته شده نفوذ می کند در حالی که سایر فلزات سنگین قابلیت نفوذ در ژل هیدراته شده را ندارند و تنها بر روی سطح آن تثبیت می شوند. این نتیجه با میانگین درصد به دست آمده از جدول ۴ مطابقت دارد .

در تحقیق دیگری که توسط Asavapisit (۱۱) انجام شد ، میزان تراوش پذیری کروم از نمونه های تثبیت شده با سیمان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان

جدول ۴ تاثیر غلظت کروم در لجن بر روی درصد تثبیت کروم نمونه ها در طرح اختلاط های مختلف

درصد تثبیت کروم با نسبت لجن به سیمان ۴۰/۶۰			درصد تثبیت کروم با نسبت لجن به سیمان ۳۰/۷۰			درصد تثبیت کروم با نسبت لجن به سیمان ۲۵/۷۵			غلظت کروم در حین اختلاط گرم بر لیتر
درصد میکروسلیس									
٪۱۰	٪۵	٪۰	٪۱۰	٪۵	٪۰	٪۱۰	٪۵	٪۰	
۸۸	۸۵	۸۱	۸۹	۸۷	۸۶	۹۰	۸۹	۸۸	۱۲
۹۱	۸۲	۷۷	۸۹	۸۷	۸۳	۹۱	۹۰	۸۳	۶
۸۵	۸۵	۸۴	۸۷	۸۸	۸۹	۹۳	۹۱	۸۸	۱
۸۸	۸۴	۸۱	۸۸	۸۷	۸۶	۹۱	۹۰	۸۶	میانگین

### الف- تاثیر میکروسیلیس بر روی درصد بازدهی تثبیت کروم

همان طور که جدول ۴ نشان می دهد با افزودن ۱۰٪ میکروسیلیس میزان بازدهی حذف کروم به طور متوسط ۴٪ افزایش پیدا کرده است که این نتیجه، اثر مثبت میکروسیلیس را در ساختار مخلوط سیمان و لجن نشان می دهد. اصولاً میکروسیلیس در مخلوط های سیمانی ضمن واکنش با هیدروکسید کلسیم باعث تولید ژل سیلیکات ثانویه در مخلوط می گردد و بر تثبیت بیشتر کروم در درون ژل سیلیکات کمک می کند. در ضمن حضور میکروسیلیس باعث کاهش نسبت Ca/Si در کریستال ژل سیلیکات گشته و موجب افزایش بار منفی بر سطح کریستال ژل سیلیکات می شود (۱۹) که این افزایش بار منفی باعث جذب بیشتر کاتیون فلز کروم شش ظرفیتی می گردد و در نتیجه درصد حذف کروم را افزایش می دهد که نتایج به دست آمده در این تحقیق با مطالب بالا مطابقت کامل دارد.

طبق تحقیقاتی که توسط Jun و همکارانش (۵) انجام شد، این نتیجه نیز به دست آمده است که استفاده از میکروسیلیس برای جامد سازی لجن های مواد آلی آلوده به کروم با غلظت بالا، باعث کاهش قابل ملاحظه آلاینده ها گردیده و مقاومت فشاری نمونه ها نیز افزایش پیدا کرده است. در تحقیق دیگری نیز از ماده ای شبیه به میکروسیلیس (زایدات واحدهای ذوب آهن) استفاده شده است که نتایج حاصله نشان می دهد استفاده از این ماده در جهت تقویت تثبیت کروم بوده است (۱۲). در بعضی از تحقیقات دیگر، از خاکستر بادی (نوعی پوزولان شبیه به میکروسیلیس) به عنوان جایگزین و افزودنی، برای تثبیت فلز کروم استفاده شده است، که نتایج حاصله نشان می دهد مقاومت نمونه های حاوی خاکستر بادی نسبت به نمونه های حاوی سیمان پرتلند بهبود یافته است (۴،۷). در این تحقیق نیز با توجه به مطالعات انجام شده و مقدار میانگین درصد تثبیت کروم در طرح های اختلاط، توصیه می شود که در طرح های اختلاط از میکروسیلیس در جهت بهبود تثبیت شیمیایی کروم استفاده شود.

### ب- تاثیر نسبت لجن به سیمان در نمونه های ساخته شده بر روی میزان تثبیت کروم در نمونه ها :

نتیجه دیگری نیز که از جدول ۴ می توان گرفت این است که با کاهش نسبت لجن به سیمان از ۴۰/۶۰ به ۳۰/۷۰، درصد بازدهی حذف کروم در نمونه های حاوی سیمان و لجن بدون ماده افزودنی ۴٪ افزایش پیدا کرده است. یکی از دلایل اصلی این افزایش به ماهیت سیمان بر می گردد. اصولاً با کاهش نسبت آب به سیمان در حین اختلاط بتن، مقاومت نهایی آن افزایش پیدا می کند که این نشان می دهد واکنش های هیدراتاسیون در حین عمل آوری بهتر انجام شده است (۲۰). با توجه به این اصل نیز می توان اثر کاهش نسبت لجن به سیمان و تاثیر آن بر روی درصد حذف کروم را توجیه نمود.

در پایان با توجه به مقادیر درصد تثبیت کروم در جدول ۴، بیشترین درصد تثبیت فلز کروم در نمونه ای است که با طرح اختلاط ۲۵/۷۵ و افزودن ۱۰٪ میکروسیلیس ساخته شده است.

### نتایج آزمایش مقاومت در نمونه ها

مواد تثبیت و جامد شده زمانی که در محل های دفن مدفون می شود، تحت بارهای محیطی مانند فشار لایه های خاک، پی ساختمان هایی که روی این محل ها ممکن است ساخته شود و .... قرار می گیرند. به منظور تخمین میزان تحمل این مواد در برابر فشارهای محیطی از آزمایش مقاومت فشاری استفاده می شود. در ضمن، آزمایش مقاومت فشاری، یکی از معیارهایی است که می تواند میزان تغییرات در واکنش های هیدراتاسیون سیمان را نشان دهد و طبق تحقیقات انجام شده (۱۳ و ۱۴) اصولاً بین واکنش های هیدراتاسیون سیمان و میزان تثبیت کروم رابطه مستقیمی وجود دارد.

در این تحقیق نمونه های ساخته شده در عمر ۲۸ روز تحت آزمایش مقاومت قرار گرفتند. با توجه به مشابه بودن روند تغییرات در این قسمت تنها به ارایه نتایج حاصل از نمونه هایی با نسبت طرح اختلاط لجن به سیمان ۲۵/۷۵ اکتفا می شود.

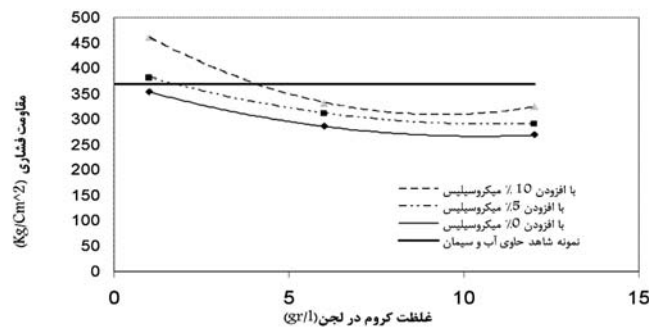
مقاومت نمونه شاهد کاهش داشته است، که این نتیجه نشان می دهد فلز کروم بر روی واکنش های هیدراتاسیون سیمان تاثیر منفی داشته و باعث کاهش مقاومت فشاری گشته است. تحقیقات دیگر نیز نشان می دهد که وجود کروم در لجن باعث کاهش مقاومت فشاری شده است (۱۵) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. نتیجه دیگر این تحقیق نشان می دهد که با افزایش غلظت کروم در نمونه ها مقاومت نمونه های ۲۸ روزه حاوی سیمان و لجن کاهش پیدا کرده است. لازم به ذکر است که براساس تحقیقات به عمل آمده توسط محققین حضور اکسیدهای فلزات سنگین مانند روی، سرب، کروم و اکسیدهای آهن باعث کند گیر شدن سیمان می شود و بر روی واکنش های هیدراتاسیون سیمان تاثیر منفی می گذارد (۱۶).

مقایسه نتایج به دست آمده با ضوابط سازمان محیط زیست ایالات متحده

مواد تثبیت و جامد شده ۲۸ روزه ای که دارای حداقل مقاومت ۳/۵ کیلوگرم بر سانتی متر مربع باشد، قابلیت مدفون شدن در محل های دفن را دارند (۲). این مقدار برای وزن خاک فوقانی و وزن وسایل نقلیه عبوری و پی ساختمان های مسکونی معمولی ارایه شده است. بر این اساس تمامی نمونه ها به لحاظ مقاومت، قابلیت دفن در محل های دفن را دارا می باشند.

تاثیر غلظت های مختلف کروم موجود در لجن بر روی مقاومت فشاری نمونه ها

نتایج حاصله از این آزمایش نشان می دهد که مقاومت نمونه های حاوی کروم با غلظت های مختلف، نسبت به



نمودار ۲- مقاومت فشاری نمونه ها با طرح اختلاط ۲۵/۷۵ (سیمان / لجن)

و جامدسازی کروم موجود در لجن استفاده شده است. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان می دهد نمونه های تثبیت شده ای که با غلظت کروم در لجن ۱۲ و ۶ گرم بر لیتر ساخته شده اند، به عنوان ماده خطرناک محسوب می شوند. نتایج حاصله از میزان تثبیت کروم نیز نشان می دهد که کروم در نمونه های حاوی لجن به طور متوسط ۸۷٪ تثبیت شده است که با توجه به وجود معضلات و مسایل زیست محیطی در مورد این لجن ها در کشور ما این درصد حذف قابل قبول به نظر می رسد.

استفاده از ۱۰٪ میکروسیلیس نیز در جهت تقویت واکنش های هیدراتاسیون سیمان کاملاً موثر بوده است به طوری که بازدهی حذف کروم به طور متوسط حدود ۴ درصد

تاثیر میکروسیلیس بر روی مقاومت فشاری نمونه ها

افزودن میکروسیلیس به نمونه ها در جهت افزایش مقاومت نمونه ها کاملاً موثر بوده است. در پژوهش هایی که در سال ۲۰۰۱ انجام شد از خاکستر بادی که دارای خواص پوزولانی است به عنوان جایگزین استفاده شده است که نتایج این آزمایشات نیز روند کسب مقاومت بیشتر را در مقایسه با سیمان پرتلند نشان می دهد (۶). در این تحقیق نیز افزودن ۵٪ میکروسیلیس توانسته است در اکثر نمونه ها اثر منفی افزودن کروم را کاهش دهد و یا آن را خنثی کند.

نتیجه گیری

در این تحقیق از سیمان و میکروسیلیس برای تثبیت

- Waste “ , US. Environmental Protection Agency Publication .
- 3- M.Lagrega , P.L.Buckingham , J.C.Evans , “Hazardous Waste Management “ , McGraw-Hill , 2nd Edition , Section 11 , (2001)
- 4- D.Darmatas , X.Meng , “ Utilization of Fly Ash for S/S of Heavy Metal Contaminated Soils “ , J. Engineering Geology , Vol.70 , pp. 377-394, (2003)
- 5- H.S.Shin , K.S.Jun , “ Cement based Stabilization/Solidification of Organics Contaminated Hazardous Wastes Using Na-bentonite and Silica fume “ , J .of Environmental Science and Health , (1995)
- 6- C.Park , “ Hydration and Solidification of Hazardous Wastes Containing Heavy Metals Using Modified Cementitious Materials “ , Cement and Concrete Research , Vol 30 , pp .429-435(2000)
- 7- G.Qian , Y.Cao , P.Chui , “ Utilization Cement and Mswi Fly Ash for Stabilization/Solidification of Industrial Waste Sludge “ , J . Hazardous Materials , Vol.129 , pp.274-281, (2006)
- 8- USEPA Method 1311 , “Toxicity Characteristic Leaching Procedure Method for Evaluation of Solid Waste “ , SW846, (2001)
- 9- A.E.Greenberg , L.S.Clesceri , A.D.eator , “ Standard Method for Examination of Water and Waste Water “ , Published by American Public Health Association , (1992)

افزایش داشته است و توصیه می شود از میکروسیلیس در جهت بهبود تثبیت شیمیایی کروم استفاده شود . با توجه به نتایج به دست آمده از درصد تثبیت کروم در سه طرح اختلاط این تحقیق (۲۵/۷۵ ، ۳۰/۷۰ ، ۴۰/۶۰ ) ، بیشترین درصد تثبیت فلز کروم در نمونه های با طرح اختلاط ۲۵/۷۵ ، بوده که از ۱۰٪ افزودنی در آن ها استفاده شده است . نتایج حاصله از آزمایش مقاومت نیز نشان می دهد که تمامی نمونه های ساخته شده قابلیت دفن در محل های دفن را دارند . نتیجه دیگری نیز که از آزمایش مقاومت فشاری حاصل شده این است که مقاومت فشاری نمونه های حاوی کروم با غلظت های مختلف نسبت به نمونه شاهد کاهش داشته است که این نتیجه نشان می دهد فلز کروم بر روی واکنش های هیدراتاسیون سیمان و مقاومت فشاری تاثیر منفی داشته و باعث کاهش مقاومت فشاری شده است. نتایج آزمایش مقاومت نیز استفاده از میکروسیلیس را در جهت افزایش مقاومت و تقویت واکنش ها مثبت نشان می دهد .

### تشکر و قدردانی

در این جا لازم است که از خانم ها فرزانه سیمیری و الهام پاسبه کارشناسان آزمایشگاه محیط زیست و شیمی مصالح و آقای مهندس منصور پیدایش سرپرست محترم آزمایشگاه بتن و آقایان مهندس نعمت الله بخشی، مصطفی یزدی و حسین سعیدی کارشناسان آزمایشگاه بتن دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست دانشگاه صنعتی امیرکبیر که در این تحقیق ما را یاری کردند کمال تشکر و قدردانی را بنماییم .

### منابع

- 1- EPA , (2002) “Treatment Technologies for Site Clean up” : Annual Status Report , EPA542-R-03-009-2,
- 2- M.John Culline , Larry W.Jones , (1990) “Handbook for Stabilization/Solidification of Hazardous

- ۱۷- شرکت فروسیلیس ایران، (۱۳۸۴)، «مشخصات فنی میکروسیلیس»
- ۱۸- م.اسدی، د.فائزی، ر.نبی زاده، (۱۳۷۹)، «مدیریت مواد زاید خطرناک»، فصل هفتم انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست»
- ۱۹- ع.رضانیانپور، م. شاه نظری، (۱۳۷۹)، «تکنولوژی بتن» ، فصل دوم، انتشارات پرهام چاپ ششم
- ۲۰- ع.رضانیانپور، م.پیدایش، (۱۳۷۷)، «دوام بتن و نقش سیمان های پوزولانی»، فصل دوم، انتشارات مرکز تحقیقات و مسکن، چاپ اول
- 10- J.R. Conner, " Chemical Fixation and Solidification of Hazardous Wastes " , New York , (1990)
- 11- S.Asavapisit , G.Flower , C.R.Cheeseman , " So- lution Chemistry During Cement Hydration in the Presence of Metal Hydroxide Waste " , J .of Environmental Cement and Concrete Research ,Vol27,pp1249-1260 , (1997)
- 12- J.Duchesne , G.Laforest , "Evaluation of the de- gree of Cr ions immobilization by different bind- ers , Cement and Concrete Research", J .of En- vironmental Cement and Concrete Research , ,Vol34,pp.1173-1177 (2004)
- 13- X.C.Qiao , C.S.Poon "Transfer Mechanisms of Contaminants in Cement-based Stabilized/So- lidified Wastes " , Vol.43 , pp.290-296, (2005)
- 14- C.Y.Rha , S.K.Kang , C.E.Kim , "Investigation of The Stability of Hardened Slag Paste for the S/S of Wastes Containing Heavy Metal Ions " , Vol73 , pp .255-267 (1999)
- 15- S.Wang , C.Vipulanandan (2001) , " Solidifica- tion/Stabilization of Cr with Cement , Leach abil- ity And Compression Analyses " , Cement and Conceret Research , Vol.30 , pp.385-389
- 16- I.Fernandez , E.Chacon , A.Irabien , " Influence of Lead , Zinc , Iron , Chromium Oxides On the Setting Time and Strength Development of Port- land Cement " , Cement and Concrete Research Vol.31 , pp.1213-1219(2001)





## بررسی وضعیت حقوقی- زیست محیطی منابع آب سطحی مورد استفاده شرب در تهران

برهان ریاضی

استادیار، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

ناصر قاسمی

استادیار، دانشکده علوم قضایی و خدمات اداری

فرهاد دبیری

استادیار، دانشکده محیط زیست دانشگاه علوم و تحقیقات، گروه حقوق محیط زیست

الهه پور کریمی

کارشناس ارشد، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات (عهده دار مکاتبات)

تاریخ پذیرش: ۸۵/۲/۲۳

تاریخ دریافت: ۸۵/۶/۴

### چکیده

حوزه های آبریز سدهای کرج، لتیان و لار با وسعت تقریبی به ترتیب ۸۴۳، ۶۹۵ و ۶۵۲ کیلومتر مربع در بردارنده رودخانه ها و انهار دارای جریان آب دایمی و فصلی متعددی می باشند که اصلی ترین منابع تامین آب شرب تهران محسوب می شوند. به دلیل تخریب همه جانبه سرزمین و آلودگی های شدید در حوزه های مذکور، این منابع آب اکنون در معرض تهدیدهای جدی قرار دارند. به طور کلی پسماندهای جامد، فاضلاب های خانگی، صنعتی، خدماتی و نظامی، نفت و سایر مواد شیمیایی و رسوبات ناشی از تخریب و فرسایش سرزمین از مهم ترین عوامل تهدید کننده منابع آب از لحاظ زیست محیطی به شمار می آیند. با شکل گیری و توسعه جوامع انسانی و سکونت گاه ها در این حوزه ها تهدیدهای مذکور در حال افزایش اند و موجب کاهش شدید کیفیت منابع آب به ویژه از نظر استانداردهای بیولوژیکی شده اند.

در این مقاله علاوه بر جنبه های زیست محیطی، وضعیت حقوقی سه حوزه، براساس رژیم حقوقی منابع موجود در آن تبیین شده و مواردی از تعارض، تناقض، تداخل و تکرار در قوانین مربوطه، به عنوان عامل تهدید در حوزه ها مورد تحلیل قرار گرفته است. نحوه مدیریت و عملکرد اجرایی دستگاه های مسئول و اثرگذار، برخی اشخاص حقیقی و حقوقی دیگر نظیر دلالتان و سودجویان اقتصادی و نیز عملکرد مردم بومی و افراد محلی که اکنون از جمله عوامل تاثیر گذار و تهدید کننده در مدیریت حوزه ها می باشند نیز در این مقاله بررسی گردیده است. و در نهایت به ارایه برخی پیشنهاد های ساختاری - تشکیلاتی، حقوقی، مدیریتی - اجرایی و عمومی مبادرت شده است.

**واژه های کلیدی: وضعیت حقوقی- زیست محیطی، منابع آب شرب، حوزه آبریز، دریاچه پشت سد.**

### مقدمه

ترین نتایج تاسف بار آن دانست. در این مقاله ابتدا عمده ترین عوامل تهدید کننده این منابع ارزشمند آب سطحی از جنبه های حقوقی- زیست محیطی که دربرگیرنده مسایل مدیریتی- اجرایی نیز می باشد، مطرح گردیده است. آنگاه به ارایه راه حل های لازم برای کاهش تهدیدها و ساماندهی اصولی وضعیت موجود پرداخته شده است. نظر به این که سه دریاچه یاد شده در بالا، امروزه به شدت در معرض تهدیدهای ناشی از تخریب همه جانبه سرزمین(منطقه) و انواع آلودگی ها در حوزه های آبریز مربوط قرار گرفته است.

دریاچه های سد های کرج، لتیان و لار، منابع اصلی تامین کننده آب شرب تهران محسوب می شوند. این منابع مهم اینک بیش از هر زمان دیگری به واسطه تاثیر مخرب ناشی از شهر چند میلیونی تهران، به ویژه استفاده های تفریحی بی رویه و لجام گسیخته، به انواع آلودگی ها و تخریب محیط زیست گرفتار آمده است. از پی آمدهای این وضعیت، نابسامانی و به هم ریختگی تعادل زیست محیطی است که آلودگی آب دریاچه های این سدها را می توان از عمده

زیادی باقیمانده این قبیل مواد شیمیایی وارد این منابع مهم آب شرب تهران می شود (۶ و ۷).

### پساب کشتار دام

کشتار دام در این حوزه ها اغلب به صورت سنتی و در سطح معابر صورت می گیرد. واحدهای تجاری خدماتی عرضه کننده گوشت و سایر مشقات آن، با کشتار روزانه و ذبح در محل، از جمله عوامل تهدید کننده منابع آب به شمار می آیند. در حوزه لتیان علاوه بر پسماندهای این واحدها، روزانه حدود ۱۵۰۰ لیتر فاضلاب با BOD۵ حداقل ۵۰۰ میلی گرم در لیتر از طریق کشتارگاه لشگرک با ظرفیت کشتار بیش از سه هزار راس در ماه به رودخانه جاجرود تخلیه می شود (۵ و ۶). به عنوان مثال، در حوزه لتیان در ایستگاه اوشان، میزان BOD۵ اندازه گیری شده در رودخانه جاجرود به عدد ۱۶ رسیده است (۷). در حالی که در تقسیم بندی سازمان بهداشت جهانی، آب های با BOD بیش از ۴ میلی گرم در لیتر در رده آب های با کیفیت نامناسب از نظر شرب قرار دارند.

### پساب دامداری ها

به دلیل مجاورت اغلب دامداری های واقع در سه حوزه مورد مطالعه با رودخانه ها و آبراهه های اصلی، پساب های تولیدی آن ها که ترکیبی مشابه پساب های انسانی با بار آلودگی بسیار بالا دارند، به این منابع آب وارد می شوند و در کاهش کیفیت آن ها بسیار تاثیر گذار هستند (۶ و ۷).

### پساب شستشوی دام

گندزدایی و مقابله با انگل های پوستی دام نظیر کنه، ساس و غیره در هر سه حوزه آبریز به ویژه حوزه آبریز سد لار، اغلب صورت می گیرد. شستشوی دام که در برخی موارد با استفاده از محلول های ضد کنه (داروی شیمیایی کلره) انجام می پذیرد، موجب کاهش کیفیت منابع آب ضمن افزایش شاخص هایی مانند BOD و کلیفرم علاوه بر آلودگی های شیمیایی ناشی از مصرف داروهای مورد اشاره می شود (۵).

بنابراین در این مقاله به ترتیب بر جنبه های زیست محیطی، حقوقی و مدیریتی - اجرایی عوامل تهدید کننده آن ها، تأکید شده و عمده ترین عوامل مربوط به این قبیل موارد در هر يك از این جنبه ها تبیین گردیده است.

### جنبه های زیست محیطی عوامل تهدید

#### فاضلاب خانگی و زباله شهری

با استقرار سکونت گاه ها در طول مسیر رودخانه های پرآب و دایمی در حوزه سدهای کرج و لتیان و فقدان وجود شبکه جمع آوری و تصفیه فاضلاب و مدیریت ناصحیح و دفع غیراصولی زباله در این حوزه ها، کلیه پسماندهای تولید شده به طور مستقیم و یا از طریق دفع در چاه های جذبی وارد جریان های آب ورودی به دریاچه سدهای مربوطه می شوند (۶ و ۷). به همین دلیل است که کیفیت منابع آب از نظر شاخص کلیفرم های مدفوعی که از شاخص های راه یابی فاضلاب انسانی به منابع آب است، در برخی از نقاط این حوزه ها در وضعیت بسیار بحرانی قرار دارد. به طوری که به جز در نقاط ابتدایی سرشاخه رودخانه ها، کیفیت آب در این حوزه ها در حد استانداردهای کیفیت آب خام نمی باشد. حتی در نقاط معدودی از این حوزه ها، تعداد کلیفرم ها در حدی است که تنها با روش های تصفیه پی در پی قابل بر طرف شدن است. به عنوان مثال در نزدیکی میگون در حوزه آبریز سد لتیان تعداد کلیفرم های مدفوعی تا ۲۸ هزار عدد در ۱۰۰ میلی لیتر می رسد و در رودخانه کرج تعداد کلیفرم ها از ۱۰ تا ۲۰۰ هزار عدد در ۱۰۰ میلی لیتر متغیر است (۱ و ۶). در بقیه نقاط کیفیت آب در این حوزه ها در حدی است که به طور کلی با توجه به استانداردها غیر قابل شرب است.

### پساب کشاورزی

با اختصاص بخشی از اراضی این حوزه ها به فعالیت کشاورزی، که اغلب در حاشیه رودخانه ها و تراس های مشرف به آن ها صورت می گیرد و با توجه به استفاده غیرقابل اجتناب از سموم دفع آفات و کودهای شیمیایی، سالانه حجم قابل توجهی پساب کشاورزی حاوی مقادیر

**پساب پادگان ها و مراکز نظامی و انتظامی**

با توجه به جمعیت قابل ملاحظه و تعدد این مراکز و نیز با عنایت به نحوه استقرار آن ها، عمدتاً در مجاورت سدهای کرج و لتیان، فاضلاب تولید شده از آن ها که دارای دبی قابل ملاحظه ای است، به طور مستقیم وارد رودخانه های مربوطه می شود. بنابراین این مراکز را باید از جمله عوامل اصلی تهدید کننده منابع آب شرب تهران محسوب نمود (۶ و ۷).

**فاضلاب غسالخانه ها و گرمابه های عمومی**

تخلیه فاضلاب گرمابه های عمومی و غسالخانه ها به چاه های جذبی در حوزه های کرج و لتیان، که به دلیل بالا بودن سطح آب زیرزمینی، به صورت کم عمق حفر می شوند، موجب ورود فاضلاب مراکز یاد شده به آب های زیرزمینی و سپس رودخانه ها و دریاچه سدها می شود (۶ و ۷).

**فاضلاب مراکز خدماتی**

کلیه فاضلاب ها و زباله های ایجاد شده از طریق مراکز خدماتی همچون هتل ها، مهمانسراها، رستوران ها، قهوه خانه ها، باغ های خانوادگی و سایر مراکز تفریحی در مجاورت و حتی در بستر و حریم رودخانه های کرج و جاجرود از طریق رودخانه های یاد شده به دریاچه سدهای مربوطه منتقل می شود. این مراکز از اصلی ترین عوامل تهدید کننده منابع آب در این حوزه ها محسوب می شوند (۵، ۶ و ۷). کرم نماتد به عنوان یکی از شاخص های بیولوژیکی آلودگی منابع آب ناشی از عوامل آلاینده فوق، در یکی از ایستگاه های رودخانه کرج ۱۱۰ عدد در لیتر و در حوزه جاجرود ۳ تا ۴ برابر رودخانه کرج گزارش گردیده است (۶). این در حالی است که افزایش تعداد کرم نماتد در آب خام از حدود ۲۰ عدد در لیتر تصفیه آب را در تصفیه خانه های متعارف آب سطحی با مشکل مواجه می سازد.

**پساب های صنعتی و معدنی**

واحدهای صنعتی در حوزه های کرج و لتیان، نظیر

تعمیرگاه، جوشکاری، آهنگری و تراشکاری اغلب با مقیاس کوچک می باشند که با اضافه نمودن مواد رنگی، روغن، گریس، انواع پاک کننده ها و فاضلاب صنعتی به آب های سطحی، موجبات تهدید منابع آب را فراهم می آورند. وجود بیش از ۳۰ معدن فعال در حوزه های کرج و لتیان به واسطه تخریب و آلودگی ناشی از بهره برداری های معدنی و ریخت و پاش خرده های معدنی، قراضه ها، قطعات ازکارافتاده تجهیزات متعدد، ماشین آلات اسقاط شده و ورود مواد مصرفی از جمله روغن های صنعتی و انواع محصولات نفتی مانند مازوت، گازوئیل، بنزین و ... به رودخانه های این حوزه ها در کاهش کیفیت این منابع آب نقش عمده ای دارند (۶ و ۷).

**مواد شیمیایی، نفت و سایر هیدروکربن ها**

تردد قایق ها در دریاچه سدها، سوخت گیری و استفاده از مخازن نفت و گازوئیل در اردوگاه های نظامی یا مراکز دیگر مستقر در حاشیه رودخانه های حوزه های کرج و لتیان و همچنین ورود اشیای بی مصرف نظیر کهنه های نفتی، پارچه های آلوده به دوده بخاری، روغن سوخته موتور و غیره موجبات ورود هیدروکربن ها به منابع آب و کاهش کیفیت آن ها را فراهم می آورد.

**رسوبات**

تخریب سرزمین در سراسر حوزه های سه گانه مورد مطالعه، به ویژه تخریب ناشی از چرای مفرط و بی رویه دام اهلی، شخم بی ضابطه و در جهت شیب، دیم کاری، قطع درختان و بوته کنی و فرسایش ناشی از اجرای پروژه های زیربنایی از جمله احداث آزاد راه تهران شمال در حوزه آبریز دریاچه سد کرج، ساخت و سازهای غیرمجاز در حوزه های کرج و لتیان، علاوه بر آلودگی آب، موجب پر شدن دریاچه سدهای مورد نظر و کاهش عمر آن ها شده است، که امروزه از عوامل اصلی تهدید در این حوزه ها به شمار می آید (۵ و ۶).

## جنبه های حقوقی عوامل تهدید

- شرایط حقوقی حاکم بر این حوزه ها که عمدتاً بر مبنای وضعیت منابع و اراضی، نحوه مالکیت اشخاص و مالکیت دولت قابل تشخیص است شامل شرایط حقوقی حاکم بر منابع ملی (اراضی ملی و مناطق تحت حفاظت) و مستثنیات آن است. قوانین و مقررات موجود که می بایست نقش عمده ای در ساماندهی و پیشگیری از آلودگی و تخریب داشته باشند، به دلیل عدم کفایت از يك سو، تعارض، تناقض، تداخل و تکرار در آن ها از سوی دیگر و همچنین عدم پابندی برخی افراد به آن ها، زمینه آلودگی و تخریب حوزه های مورد نظر فراهم گردیده است که به برخی از موارد اشاره می شود:
- در ذیل تبصره ۳ ماده (۲) از قانون توزیع عادلانه آب که از جمله قوانین پیشگیرانه می باشد، ایجاد هرگونه اعیانی، حفاری و دخل و تصرف در بستر رودخانه ها و انهار طبیعی ممنوع اعلام شده است، اضافه گردیده « مگر با اجازه وزارت نیرو» یعنی وزارت نیرو می تواند در شرایطی با ایجاد اعیانی، حفاری و دخل و تصرف در بستر رودخانه ها و انهار طبیعی و حریم آن ها موافقت نماید. این در حالی است که وظیفه پیشگیری، ممانعت و جلوگیری از آلودگی منابع آب در همین قانون به سازمان حفاظت محیط زیست محول شده است. پس اولین تناقض زمانی پیش می آید که سازمان حفاظت محیط زیست فعالیتی را در حریم رودخانه یا نهر آلوده کننده تشخیص دهد ولی وزارت نیرو به آن مجوز استقرار داده باشد.
- در تبصره ۴ ماده (۲) قانون توزیع عادلانه آب اجازه تخلیه و قلع و قمع اعیانی های موجود در بستر و حریم رودخانه ها و نهرهای طبیعی در مواقع تشخیص مزاحمت در امور آب یا برق، به وزارت نیرو محول شده که به نظر می رسد چون وزارت نیرو در این قانون وظیفه ای در کنترل کیفی منابع آب ندارد و کلیه وظایف پیشگیری، ممانعت و جلوگیری از آلودگی به سازمان دیگری محول شده است در تشخیص مزاحمت به مسایل دیگری غیر از آلودگی توجه نماید.
- ماده (۴۶) قانون توزیع عادلانه، مسئولیت پیشگیری، ممانعت و جلوگیری از آلودگی منابع آب را بر عهده سازمان حفاظت محیط زیست قرار داده است. در صورتی که کلیه ابزارهای لازم که می تواند در بحث کنترل کیفی آب مورد استفاده قرار گیرد، در این قانون در اختیار وزارت نیرو قرار گرفته است.
- در ماده (۶) آیین نامه مربوط به تعیین بستر و حریم رودخانه ها و نهرها و ... وظیفه قلع و قمع اعیانی اعم از اشجار و غیر آن در صورت تشخیص مزاحمت برای استفاده از امور آب و برق، به شرکت آب منطقه ای داده شده است مسئله قابل توجه این است که ضمانت اجرا و قدرت اجرایی سازمان مذکور بدون پشتوانه دادستانی چگونه خواهد بود.
- در ماده (۷) آیین نامه نامبرده، کشت موقت را در آن قسمت از بستر رودخانه که برای سایر بهره برداران ایجاد مزاحمت ننماید، با اجازه شرکت آب منطقه ای بلامانع دانسته است. البته در تبصره همین ماده آمده است که این موضوع اراضی بالادست سدها را شامل نمی شود، ولی مثلاً با توجه به برنامه های آبی و سد در حال احداث ماملو در پایین دست لتیان، کشت موقت امروز با آلودگی خاک به دلیل استفاده از سموم و کودهای شیمیایی مشکلاتی را در آینده به وجود خواهد آورد.
- ماده (۱۲) این آیین نامه عبور لوله نفت و گاز و ... از بستر رودخانه و نهرها را با موافقت وزارت نیرو بلامانع دانسته، در صورتی که مسئولیت پیشگیری، ممانعت و جلوگیری از آلودگی آب را براساس ماده (۴۶) قانون توزیع عادلانه به سازمان محیط زیست محول نموده است. یقیناً سازمان زمانی از موضوع مطلع می شود که موافقت وزارت نیرو اعلام شده و احیاناً مواردی از آلودگی مشاهده شود. بنابراین قید واژه پیشگیری، ممانعت و جلوگیری در این قانون بی معنا می شود.
- در تبصره ماده (۹) قانون حفاظت و بهسازی محیط زیست، سموم شیمیایی را که به منظور مبارزه با آفات مورد استفاده کشاورزی قرار می گیرند، از کلیت ماده (۹) که هر اقدامی که موجبات آلودگی را فراهم آورد

شماره ۲۵۳۳-۱۸۵/۳ م مورخ ۸۱/۳/۴ شورای عالی امنیت ملی اعلام شده، تنها ساخت و ساز جدید (نه بازسازی) در حریم کیفی را شامل می شود.

• براساس بند ۵ مصوبه شماره ۲-۱۸۵/۳ م مورخ ۸۱/۳/۴ شورای عالی امنیت ملی هر گونه ساخت و ساز و توسعه در حریم زیست محیطی منوط به داشتن طرح هادی و مصوب شده است. بنا بر این ساخت و ساز در حریم زیست محیطی رودخانه های مزبور براساس طرح های هادی روستایی و مصوب شهری که ملاحظات عدم آلودگی آب و جمع آوری و دفع بهداشتی فاضلات را داشته باشند بلامانع است.

• آخرین آمار منتشر شده از سوی سازمان حفاظت محیط زیست در زمینه عملکرد جرایم زیست محیطی نشان می دهد که طی سال های ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۳ از مجموع ۳۸۱/۳ میلیارد ریال جرایم صادره تنها ۱۱/۹۱ میلیارد ریال جریمه وصول شده است. نسبت وصول به صدور جرایم در سال ۸۱، ۴/۵ درصد، در سال ۸۲، ۳/۳ درصد و در سال ۸۳، ۱/۵ درصد و میانگین سه ساله ۳/۱ درصد بوده است. حتی با فرض بخشودگی ۹۵ درصد جرایم برای همه آلوده کنندگان دلیل عملکردضعیف این آیین نامه می بایست مشخص شود به نظر می رسد ضمانت اجرایی غیرقابل اجرای آن بیشترین تاثیر را داشته باشد.

• قوانین موجود از قبیل قانون مجازات اسلامی، قانون توزیع عادلانه آب، قانون مدیریت پسماند، قانون حفاظت و بهسازی، آیین نامه جرایم زیست محیطی، آیین نامه جلوگیری از آلودگی آب، مصوبات شورای عالی امنیت ملی و شورای عالی محیط زیست از جمله قوانین بازدارند و کیفری هستند که در کنترل آلودگی و مجازات افراد دارای فعالیت های آلاینده به عنوان عوامل آلاینده مورد استفاده قرار می گیرند، در حالی که هر روز بر تعداد عوامل تهدید ناشی از علل بوجود آورنده آن ها به صورت واگذاری های مناطق، تغییر کاربری ها، ساخت و سازهای غیرمجاز، صدور مجوزها و غیره افزوده می شود.

ممنوع دانسته خارج نموده است، در حالی که پساب های کشاورزی حاوی سموم شیمیایی یکی از مهمترین و اصلی ترین آلاینده های رودخانه های حوزه های مورد مطالعه محسوب می شوند.

• ماده (۱۱) و (۱۲) قانون حفاظت و بهسازی محیط زیست در بحث شناسایی عوامل آلاینده و الزام واحدها به رفع آلودگی، سازمان حفاظت محیط زیست را فقط در مورد کارگاه ها و کارخانجات مکلف نموده است که در سایر موارد آلودگی نافذ نمی باشد. علاوه بر این که اجرای این قانون زمان بر است، به این معنی که پس از ارایه مهلت مناسب که قابل تمدید نیز می باشد، ممانعت از فعالیت در صورت نداشتن هر گونه اقدام مثبت صورت می گیرد. در حالی که در خصوص آب شرب باید بتوان با ضرب العجل بیشتری اقدام نمود.

• در ماده (۶۸۸) قانون مجازات اسلامی که تقریباً کلیه مصادیق مجرمیت در آن در حوزه های آبریز مورد مطالعه دیده می شود، با توجه به مجازات ها یا پاسخ کیفری تعیین شده در آن در صورتی که دستگاه قضایی بخواهد حبس را به جزای نقدی تبدیل نماید، در این صورت نمی تواند پاسخ مناسبی برای جرایم واقع شده باشد. خصوصاً اگر میزان حبس مورد حکم محدود به چند روز بشود. بنابراین با اصل تناسب جرم و مجازات که از اصول مهم حقوق کیفری است مغایرت دارد.

• ممنوعیت ساخت و ساز در بستر رودخانه های کرج و جاجرود و حریم دریاچه های سدهای کرج، لتیان و لار که در بند (۱) مصوبه شماره ۲۵۳۳-۱۸۵/۳ م مورخ ۸۱/۳/۴ شورای عالی امنیت ملی آمده، براساس قانون توزیع عادلانه آب است، و مصوبه تنها بر اجرای آن تاکید نموده است. همچنین ممنوعیت ساخت و ساز طبق این بند تنها مربوط به بستر رودخانه ها و حریم دریاچه ها بوده و تمام اراضی شصت و چهار روستای حوزه آبریز سدکرج و شصت و هفت روستای حوزه آبریز سد لتیان را در بر نمی گیرد.

• ممنوعیت توسعه یا ساخت و ساز جدید در حریم کیفی رودخانه های کرج و جاجرود که در بند (۲) مصوبه

**۳- جنبه‌های مدیریتی و اجرایی عوامل تهدید**

نحوه مدیریت و عملکرد دستگاه‌های اجرایی و ستادی مختلف نیز در کیفیت منابع آب در هر سه حوزه بسیار تاثیر گذار است که ذیلاً مورد بررسی قرار می‌گیرند.

**دستگاه‌های مسئول****سازمان حفاظت محیط زیست**

براساس مواد ۱، ۶، ۹، ۱۱، ۱۲ و ۱۶ قانون حفاظت و بهسازی محیط زیست و آیین‌نامه اجرایی آن، ماده ۴۶ قانون توزیع عادلانه آب، مواد ۳ و ۴ آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب و ماده ۶۸۸ قانون مجازات اسلامی وظیفه پیشگیری، ممانعت و جلوگیری از آلودگی (حفاظت کیفی) منابع آب را برعهده دارد (۹ و ۴).

**وزارت نیرو**

براساس تبصره‌های ۳ و ۴ ماده ۲ قانون توزیع عادلانه آب، آیین‌نامه بستر و حریم رودخانه‌ها و نهرها، ماده ۳ و تبصره ۱ ماده ۴ آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب، وزارت نیرو وظیفه حفاظت کمی منابع آب را برعهده دارد. (۴)

**وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی**

براساس ماده ۳ و تبصره ۱ ماده ۴ آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب و ماده ۶۸۸ قانون مجازات اسلامی، این وزارتخانه موظف به اقداماتی در جهت حفاظت کیفی منابع آب گردیده است. (۴)

**دستگاه‌های تاثیرگذار**

برخی دستگاه‌های دیگر با عدم هماهنگی و بخشی‌نگری در رسیدن به اهداف سازمانی، موجب عملکردهای موازی، تزاومی، تداخلی و یا خنثی‌کننده با یکدیگر می‌شوند. دستگاه‌های مزبور عبارتند از:

**وزارت جهاد کشاورزی:**

- وظیفه صدور پروانه چرای دام در مراتع، کنترل نوع و میزان مصرف کود و سموم شیمیایی، واگذاری اراضی و

صدور مجوز تغییر کاربری اراضی در حوزه‌ها را بر عهده دارد این در حالی است که:

- صدور پروانه چرای دام در هر سه حوزه معمولاً با بی‌توجهی به ظرفیت مراتع صورت می‌گیرد. این موضوع از مشکلات عمده حوزه لار است.
- هر ساله میزان مصرف سموم و کودهای شیمیایی رو به افزایش است.
- در واگذاری اراضی ملی، معمولاً مناطق حفاظتی تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط زیست که قانوناً غیرقابل واگذاری به غیر هستند واگذار گردیده و با تغییر کاربری به فعالیت‌های آلاینده حوزه‌ها تبدیل می‌شوند.
- حاشیه رودخانه‌های حوزه‌ها از سوی این وزارتخانه مستعد جهت کشاورزی تشخیص داده می‌شود و افراد به زراعت و باغداری که استفاده از کود و سموم شیمیایی لازمه آن است تشویق می‌شوند.

**وزارت صنایع و معادن:**

وظیفه صدور مجوز احداث و بهره‌برداری واحدهای صنعتی مختلف و صدور پروانه بهره‌برداری از معادن را بر عهده دارد. این در حالی است که در حوزه‌های مورد نظر صدور مجوزهای یاد شده در بعضی مواقع بدون استعلام از وزارتخانه‌ها و سازمان‌های مسئول صادر می‌گردد.

**شهرداری‌ها و بخشدارها:**

وظیفه صدور مجوز ساخت و ساز و برخورد با ساخت و سازهای غیرمجاز در حوزه‌های مورد نظر را بر عهده دارند، در حالی که عملکرد آن‌ها در حوزه‌های مورد نظر معمولاً خارج از ضوابط مذکور صورت می‌گیرد و با صدور مجوزهای بی‌رویه موجب گسترش شهرنشینی و اسکان در این حوزه‌ها فراهم گردیده است. براساس ماده ۱۰۰ قانون شهرداری‌ها این مراکز وظیفه جلوگیری از ساخت و ساز و قلع و قمع ساختمان‌های احداث شده بدون مجوز را نیز بر عهده دارند. ولی کمتر مشاهده می‌شود که این موضوع در خصوص ساخت و سازهای غیرمجاز صورت گیرد.

**وزارت راه و ترابری :**

کنترل حریم قانونی راه ها و جلوگیری از ساخت و ساز، تخلیه زباله، نخاله، مصالح ساختمانی، روغن موتور و نظایر آن در این حریم ها که در برخی قسمت های حوزه منطبق با حریم رودخانه هاست بر عهده دارد که معمولاً به این مسایل در حوزه ها بی توجه است.

**سازمان میراث فرهنگی و گردشگری:**

صدور مجوز فعالیت مراکز خدماتی، تفریحی و بین راهی جهت استفاده گردشگران را بر عهده دارد که معمولاً هماهنگی لازم را با سایر ارگان های مسئول در کنترل کیفی و کمی آب ندارد. به عنوان مثال در حوزه آبریز سد کرج مساحت هایی از هتل گچسر، هتل فالیز از پل دیزین تا «حسنک در»، هتل سفید قلندر، سالن پذیرایی فانوس، چلوکبابی جوان از «کسیل» تا «همه جا» در حریم رودخانه احداث شده اند. این اماکن در برنامه تخریب اماکن آلاینده سازمان حفاظت محیط زیست قرار دارند، در حالی که سازمان میراث فرهنگی و گردشگری برخی از این اماکن را به منظور استفاده گردشگران نمونه اعلام کرده!...

**مراجع قضایی:**

اجرای قوانین و مقررات مربوط به حوزه ها و برخورد های قانونی با متخلفین را بر عهده دارند ولی بررسی های انجام شده نشان می دهد که این مراجع هماهنگی لازم را با دستگاه های مسئول ندارند. بی اطلاعی و کم تجربگی برخی قضات در فراهم آوردن این شرایط موثر است. برخی قضات متأسفانه قاطعیت لازم در برخورد با تخلف های انجام شده در خصوص منابع آب را ندارند و با در نظر گرفتن ملاحظات اقدام به صدور رای می نمایند. در خصوص واحدهای بزرگ و آلاینده دولتی زمانی مشکل چند برابر می شود که آلودگی مربوط به صنایع نظامی و محرمانه باشد. برخی نیز با برداشت های ناصحیح، جرم زیست محیطی را جرم نمی دانند و با استدلال به دلایل غیرموجه «چون احداث و راهبری سیستم تصفیه فاضلاب پرهزینه است پس به صرفه

نیست» حکم برائت می دهد.

**اشخاص حقیقی و سایر اشخاص حقوقی****• زمین خواران و سودجویان اقتصادی**

این افراد در کمترین زمان با فنس کشی، غرس درخت، حفر چاه و ... در بخش های وسیعی از اراضی ملی در مواردی با مساحت های چند هزار هکتاری نسبت به تملك اراضی ملی اقدام می نمایند. متأسفانه در برخی موارد این اقدامات در پوشش های ظاهراً قانونی و حتی با حمایت برخی از دستگاه ها صورت می گیرد. این موضوع که امروزه به یکی از بزرگترین مشکلات حوزه های کرج و لتیان تبدیل شده است، با تغییر کاربری و ساخت و سازهای غیرمجاز منابع آب حوزه ها را تهدید می نماید در مواردی فعالیت های اثر گذار با همکاری و حمایت اشخاص حقوقی و سازمان های خاص صورت می گیرد و با تغییر کاربری و ساخت و ساز به ویلاهای مسکونی، مراکز تفریحی و ... بدون هر نوع محدودیتی اختصاص می یابد که در اغلب موارد پرونده تخلف آن ها در صورت تشکیل در دادسرا، گاهی با صدور قرار منع تعقیب یا موقوفی تعقیب مختومه اعلام می شود.

**• افراد بومی و محلی**

افزایش بهای اراضی منطقه که به دنبال فعالیت دلان و سودجویان اقتصادی، ویلاسازی ها و سایر ساخت و سازهای انجام شده در حوزه های کرج و به خصوص لتیان صورت گرفته است، باعث شده که افراد بومی و محلی نیز به تغییر کاربری باغ ها و زمین های کشاورزی خود ترغیب شوند.

**نتیجه گیری و پیشنهادها**

منابع آب شرب تهران تحت تاثیر عوامل مختلف از جمله تهدید های زیست محیطی، کاستی ها و نواقص قانونی و نیز ضعف های مدیریتی و اجرایی ناشی از خلأ های موجود، در وضعیت بسیار نگران کننده ای قرار دارند که می بایست مورد توجه قرار گیرند. بر اساس مطالعات انجام شده و اشکالات و نواقص موجود، پیشنهادها به چهار دسته ساختاری - تشکیلاتی، حقوقی، اجرایی - مدیریتی

و عمومی به شرح ذیل تقسیم می‌شوند:

#### پیشنهاد‌های ساختاری و تشکیلاتی

- تشکیل يك شورای هماهنگی با ساختار و ترکیب مشخص به منظور اتخاذ يك سیاست هماهنگ و قاطع در برخورد با مسایل حوزه‌ها، ساماندهی برنامه‌ریزی شده و اجرای موثر قوانین و نظارت بر عملکرد موسسات اثرگذار.

ترکیب و ساختار شورای یاد شده به شرح زیر است:

- رئیس شورای هماهنگی که با حکم استاندار منصوب می‌شود.
- شورای مذکور مرکب از به عنوان رئیس شورا، معاون عمرانی یا سیاسی، انتظامی استاندار به عنوان رئیس شورا، مدیرکل حفاظت محیط زیست استان تهران، مدیر کل امور آب استان تهران، به عنوان دبیر شورا مدیر عامل شرکت آب و فاضلاب استان تهران، مدیر کل بهداشت محیط، رئیس منابع طبیعی استان تهران، مدیر کل مسکن و شهرسازی استان تهران، مدیر کل دادگستری استان، شهرداران یا بخشداران سه حوزه، فرمانده نیروی انتظامی تهران بزرگ.

حدود اختیارات نظارتی این شورای هماهنگی شامل:

- تایید مجوزهای ساخت‌وساز در حوزه‌ها و نظارت بر عملکرد دستگاه‌های اجرایی در این حوزه‌ها، نظارت بر حسن اجرای قوانین منطقه‌ای، تصویب برنامه‌های توسعه حوزه‌ها، تصویب برنامه تعادل دام و مرتع و ... است.

#### پیشنهاد‌های حقوقی

- تدوین يك قانون جامع جهت مدیریت حوزه‌های آبریز دریاچه‌های مورد نظر شامل: ممنوعیت یا محدودیت ساخت و ساز در حوزه آبریز تا شعاع مشخصی از سدها جز تاسیسات مهم و زیر بنایی برای حفاظت و بهره‌برداری از منابع آب، تعیین ضوابط ویژه تعادل دام و مرتع، تعیین مجازات برای متخلفین
- تدوین دستورالعمل‌ها و ضوابط محلی و منطقه‌ای جهت کنترل فعالیت‌های صنعتی، خدماتی و ...

- تعیین مقررات ویژه جهت ثبت یا انتقال اراضی مجاور رودخانه‌های هر سه حوزه و ابطال اسناد مالکیت‌های صادر شده در بستر و حریم رودخانه‌ها.
- حمایت مادی و معنوی از ماموران ویژه کنترل حوزه‌ها و تعیین اشد مجازات برای آن دسته از مامورانی که در اجرای قانون کوتاهی یا تخلف نمایند.

#### پیشنهاد‌های اجرایی و مدیریتی

- اقدامات اجرایی
- ۱. اولویت اجرای طرح جمع‌آوری، تصفیه و انتقال فاضلاب کلیه روستاها و شهرهای داخل حوزه‌های آبریز مورد مطالعه و راهبری اصولی و نظارت مستمر پس از اجرای طرح.
- ۲. جمع‌آوری و انتقال روستاهایی که امکان جمع‌آوری و انتقال فاضلاب در آن‌ها وجود ندارد مانند روستای نصرت‌آباد در حریم دریاچه سد لیتان و روستای واریان در حریم دریاچه سد کرج.
- ۳. در نظر گرفتن محلی مناسب جهت دفع زباله‌های خانگی در خارج از حوزه‌های آبریز با مکان یابی دقیق در هر سه حوزه.
- ۴. جمع‌آوری و انتقال باقیمانده زباله مرکز دفن حاجی‌آباد در حوزه آبریز سد لیتان به خارج از حوزه که پس از رانش زمین به صورت متروکه رها شده است.
- ۵. جمع‌آوری فاضلاب مراکز جمعیتی و فعالیت در محدوده حوزه‌ها توسط کامیون‌های ویژه حمل فاضلاب تحت پوشش اتحادیه ذیربط و حمل آن به مراکز تصفیه‌خانه شهری با هماهنگی شرکت آب و فاضلاب تهران تا تحقق و اجرای طرح شبکه جمع‌آوری سیستم تصفیه فاضلاب.
- ۶. فنس‌کشی و ایجاد دیواره حفاظتی دور تا دور دریاچه سدهای مورد نظر
- اعمال ممنوعیت‌ها و محدودیت‌ها
- ۱. محدود نمودن کلیه فعالیت‌های حوزه‌ها و برنامه‌ریزی جهت انتقال فعالیت‌های آلاینده نظیر دامداری‌ها،



خانه کرج، معاونت نظارت بر بهره برداری و امور نظارت بر کیفیت آب و آزمایشگاه ها .

۳. ارزیابان محیط، مهندسین مشاور، ۱۳۸۳، طرح جلوگیری و کاهش آلودگی آب رودخانه کرج، اداره کل محیط زیست استان تهران .

۴. دفتر حقوقی و امور مجلس، ۱۳۸۳، مجموعه قوانین و مقررات محیط زیست ایران، سازمان حفاظت محیط زیست .

۵. زیست سپهر، مهندسین مشاور، ۱۳۸۳، پروژه جلوگیری و کاهش آلودگی آب رودخانه جاجرود، اداره کل محیط زیست استان تهران .

۶. هامون يك، مهندسین مشاور، ۱۳۸۴، مطالعات جامع حوزه آبخیز سد کرج (مطالعات و برنامه ریزی راهبردی، ساختاری)، وزارت مسکن و شهر سازی .

۷. هامون يك، مهندسین مشاور، ۱۳۸۰، مطالعات جامع حوزه آبخیز سد لتیان (حفاظت و جلوگیری از آلودگی آب شرب تهران، وزارت مسکن و شهرسازی).

۸. یکم، مهندسین مشاور، ۱۳۸۱، طرح مدیریت پارک ملی لار (۱۵جلد)، سازمان حفاظت محیط زیست .

۹. قاسمی، ناصر، ۱۳۸۰، حقوق کیفری محیط زیست - جمال الحق.

واحدهای آلاینده خدماتی و صنعتی با اولویت کشتارگاه لشگرک و پادگان لشگرک به دلیل حجم بالای آلودگی طی يك برنامه زمان بندی مشخص.

۲. محدود نمودن فعالیت های کشاورزی در حوزه ها، با توجه به اختصاص بیشترین کاربری به فعالیت باغداری، در نظر گرفتن شرایط ویژه ای جهت کاشت گونه ها به طوری که از گونه های مثلاً غیر مثمر که کاشت و نگهداری آن ها مستلزم کودهی و سمپاشی کمتری است استفاده شود و کاشت سایر گونه ها ممنوع شود.

۳. تغییر الگوی کشت که در حال حاضر با تراس بندی در حاشیه رودخانه ها و دامنه های مشرف به رودخانه های حوزه ها صورت می گیرد. اعمال محدودیت و ممنوعیت و اقدام به خلع ید دستگاه های دولتی، عمومی و نظامی از مستحذات آن ها که در بستر و حریم رودخانه و دریاچه سدهای مورد مطالعه واقع شده اند.

#### پیشنهادهای عمومی

- آگاهی رسانی به مردم و استفاده از مشارکت عمومی به ویژه نهادهای غیر دولتی که به عنوان یکی از ابزارهای کلیدی و اصلی در طرح های کنترل و کاهش آلودگی و مدیریت منابع آب محسوب می شوند. بر اساس اصل پنجاهم قانون اساسی حفظ محیط زیست يك وظیفه عمومی است بنابراین نه تنها وظیفه تک تک افراد جامعه به عنوان افراد حقیقی می باشد بلکه وظیفه نهادهای دولتی به عنوان افراد حقوقی است.

- آموزش قضات و سایر پرسنل اجرایی مراجع قضایی.
- آموزش پرسنل ضمن خدمت در کلیه دستگاه های اجرایی مرتبط با مسایل حوزه ها.

#### منابع

۱. آیفای استان تهران، ۱۳۸۲، گزارش آزمایش های کیفی آب در مسیر رودخانه کرج، امور نظارت بر کیفیت آب و آزمایشگاه ها .

۲. آیفای استان تهران، ۱۳۷۹، بررسی آلودگی آب در مسیر رود



## ارایه مدل ریاضی بر پایه پیش بینی انتشار آلاینده های زیست محیطی در یک نیروگاه نمونه

رضا مرندي

نصرالله مجیدیان

استاد یار دانشکده فنی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

سید محمد حجتی خراسانی

کارشناس ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شاهرود

تاریخ دریافت: ۸۴/۱۲/۲۰

تاریخ پذیرش: ۸۵/۶/۱۲

### چکیده

محصولات ناشی از احتراق سوخت‌های هیدروکربنی شامل ترکیبات  $\text{NO}$ ،  $\text{PM}$ ،  $\text{NO}_x$ ،  $\text{SO}_x$ ،  $\text{O}_3$ ،  $\text{H}_2\text{O}$ ،  $\text{CO}$ ،  $\text{N}_x$  در میان آن‌ها ترکیبات  $\text{SO}_x$ ،  $\text{NO}_x$ ،  $\text{PM}$ ،  $\text{CO}$ ،  $\text{CO}_2$ ،  $\text{NO}$  به عنوان آلاینده محیط زیست شناخته می‌شود. این آلاینده‌ها عامل اصلی آلودگی شهرهای صنعتی و بزرگ هستند. نیروگاه‌های حرارتی نیز به عنوان یکی از مصرف‌کنندگان عمده سوخت نقش عمده در ایجاد این آلودگی دارند. در این مقاله با استفاده از ترمودینامیک احتراق و مدل‌های مختلف ارایه شده برای تولید آلاینده‌ها یک مدل برای پیش‌بینی تولید آلاینده‌ها در بویلر نیروگاه‌ها تهیه شده که غلظت آلاینده‌های  $\text{CO}_2$ ،  $\text{SO}_x$ ،  $\text{CO}$ ،  $\text{NO}$  را پیش‌بینی می‌کند. با استفاده از این مدل از حجم زیاد محاسبات کاسته شده و برای هر نوع سوخت هیدروکربنی که در بویلرها مورد استفاده قرار می‌گیرد غلظت آلاینده‌ها نیز به دست می‌آید. در نهایت مقادیر پیش‌بینی شده با مقادیر عملی اندازه‌گیری شده در بویلر نیروگاه حرارتی تبریز مقایسه شده و تطابق خوبی بین مقادیر نظری و عملی برقرار است.

**واژه‌های کلیدی:** احتراق - مدل ریاضی - سینتیک شیمیایی - آلاینده - نیروگاه

### مقدمه

آلودگی‌های مورد اشاره می‌باشد. این شرایط سبب می‌شود که مساله مدل‌سازی تولید آلاینده‌ها برای واحدهای صنعتی در شرف تاسیس اهمیت خاصی پیدا کند و تنها طرح‌هایی حالت اجرایی به خود بگیرد که مدل نوید نتایج مثبتی را بدهد. در مورد نیروگاه‌های حرارتی که ساخت آن‌ها هزینه‌های سنگینی دارد و عملاً آزمایش آن‌ها امکان‌پذیر نمی‌باشد، ارایه مدلی که بتواند آلاینده‌ها را به صورت دقیق پیش‌بینی کند بسیار حیاتی است. برای کالیبره کردن مدل‌های ارایه شده می‌توان نتایج حاصل از آن‌ها را با داده‌های نیروگاه‌های موجود (که مقادیر آلاینده‌های آن‌ها اندازه‌گیری شده است) مقایسه کرد.

در این تحقیق یک مدل برای محاسبه مقادیر تعادلی  $\text{CO}$ ،  $\text{CO}_2$ ،  $\text{SO}_x$ ،  $\text{NO}$  برای شرایط کارکرد بویلرها ارایه شده است که برای هر نوع سوختی با مشخص بودن دمای آدیاباتیک شعله آن در حالت استویکومتریک، نتایج حاصله

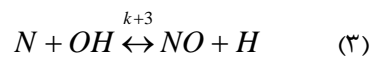
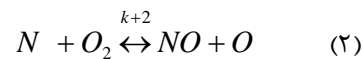
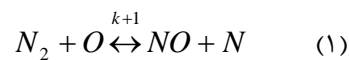
آلودگی هوا که در دهه‌های اخیر به عنوان یکی از بزرگترین معضلات جامعه بشری مطرح شده است، با پیشرفت روزافزون صنایع شدت بیشتری یافته و در صورت عدم کنترل میزان تولید آلاینده‌ها سلامت نسل‌های آتی به خطر می‌افتد. آلودگی هوا که براساس وجود ذرات و گازهای مضر در هوا تعریف می‌شود اثرات نامطلوبی از جمله سرطان‌های پوستی، گرفتگی مجاری تنفسی، نارسایی مغزی و کلیوی و پیری زودرس و صدمه دیدن جنین دارد و همچنین صدمات غیر قابل جبرانی به حیات حیوانات و گیاهان وارد می‌سازد. پدیده گازهای گلخانه‌ای خود یکی از عواملی است که حیات آیندگان را با خطر مواجه می‌کند. در حال حاضر مقررات اصولی بر پایه تولید آلاینده‌های محیط زیست در واحدهای صنعتی در حال تاسیس وضع شده است و پیمان‌کیتو یکی از موثرترین راهکارهای جهان امروز برای مقابله با

را به دست می‌دهد.

### معادلات تشکیل آلاینده ها

در هنگام سوختن يك سوخت هیدروکربنی معمول است که شعله را به سه ناحیه تقسیم می‌کنند که شامل ناحیه پیش شعله (Pre flame)، درخشان و پس شعله (Post flame) است. در ناحیه درخشان که دما نیز بالاترین مقدار خود را دارد، فعالیت شیمیایی فراوانی روی می‌دهد و در نهایت آلاینده های  $CO$ ،  $CO_2$ ،  $NO$ ،  $NO_x$  تشکیل می‌شوند. باید تصریح کرد که  $NO$  تشکیل یافته  $NO$  حرارتی است که تنها بخشی از  $NO$  کل را که شامل  $NO$  سوختی و  $Prompt NO$  نیز می‌باشد شامل می‌شود.

در مورد تشکیل  $NO$  حرارتی مکانیزم های مختلفی همانند ایزات (۱)، زلدوویچ (۲)، هیوودولوی یو (۱) و زلدوویچ توسعه یافته (۱) وجود دارد که بهترین آن ها مکانیزم زلدوویچ توسعه یافته است که شامل واکنشهای زنجیره ای زیر می باشد (۲).



با نوشتن نرخ شکل گیری  $NO$  و استفاده از این مطلب که نرخ شکل گیری رادیکال های آزاد مانند  $N$  تقریباً برابر صفر است ( $R_N \approx 0$ ) در نهایت معادله زیر به دست می آید [۲].

$$\frac{d[NO]}{dt} = \frac{M(1-Y^2)[NO]^e}{2(1+CY)} \quad (4)$$

$$Y = \frac{[NO]}{[NO]_e} \quad (5)$$

$$C = \frac{K_{-1}(K_{P,NO})[N_2]^{1/2}}{K_{+2}[O_2]^{1/2}} \quad (6)$$

$$M = \frac{4K_{+1} \times K_{P,O}[N_2]^{1/2}}{(R_u T)^{1/2} \cdot K_{P,NO}} \quad (7)$$

در معادله (۴) از اثر  $OH$  صرف نظر شده است، زیرا می

دانیم که بویلر نیروگاه های حرارتی با مقداری هوای اضافی (نسبت سوخت به هوا بزرگتر از ۱ یا  $AFR < 1$ ) کار می کند Wark و Warner (۳) پیشنهاد می کنند که معادله حذف شود. Heywood (۱۹۹۸) نیز این نکته را فقط برای حالتی که احتراق فقیر سوز داریم تایید می کند. اما برای حالت احتراق استوکیومتریك این فرض سبب ایجاد خطای بزرگی می شود (۴). زیرا تشکیل رادیکال آزاد  $OH$  وابسته به مقدار سوخت در دسترس است و با افزایش  $AFR$  که توام با کاهش درصد سوخت به هوای در دسترس است، می توان اثر  $OH$  را در نظر گرفت (۱).

با استفاده از معادله (۴) مقادیر لحظه ای  $NO$  و نیز زمان رسیدن به تعادل به دست می آید، اما مشاهده می شود که زمان تعادل برای دماهایی نظیر  $2400 \text{ K}$  که دمایی معمول برای احتراق بویلرها است در حدود چند دهم ثانیه است و لذا با توجه به زمان کافی برای احتراق در بویلر، می توان نتیجه گرفت که با غلظت های تعادلی  $NO$  سروکار داریم (۲). یعنی:

$$\frac{1}{2} N_2 + \frac{1}{2} O_2 \leftrightarrow NO \quad (8)$$

$$[NO]_e = K_{P,NO} [N_2]^{1/2} \cdot [O_2]^{1/2} \quad (9)$$

در هوای استاندارد جو غلظت های اکسیژن و نیتروژن برابر  $21\% \text{ } O_2$  و  $79\% \text{ } N_2$  است. اما در بویلرها که ضریب هوای اضافی  $A$  داریم، غلظت  $O_2$  خروجی از دودکش (بعد از احتراق) برابر است با (۱):

$$[O_2] = 275 \frac{(A-1)V^o}{Vg} : Vg = V^o g + (A-1) \quad (10)$$

که  $V^o$  مقدار هوای نظری مورد نیاز برای احتراق کامل  $1 \text{ kg}$  از سوخت در  $A=1$  و  $Vg$  نیز حجم گازهای دودکش خارج شده از احتراق کامل با  $A=1$  است و در نهایت داریم [۱]:

$$[O_2] = 275 \frac{(A-1)}{A+Ag} : Ag = \frac{V^o g}{V^o} - 1 \quad (11)$$

اما چون میزان نیتروژن مصرف شده در احتراق در مقایسه با مقدار اولیه بسیار ناچیز است، فرض می کنیم حجم آن تغییر نمی کند و لذا داریم [۱]:

یک مول از گازهای حاصل از احتراق به عنوان حجم مورد مطالعه تعداد مول های تشکیل شده در شروع و حالت نهایی واکنش، پس از گذشت زمان کافی برای اجزای در نظر گرفته شده به شکل جدول ۱ می باشد، کمک گرفته شده است.

در مورد  $SO_x$  نیز با توجه به میزان سولفور موجود در سوخت به راحتی می توان غلظت  $SO_x$  خروجی را پیش بینی کرد و در صورت استفاده از امکانات جذب سولفور، برحسب راندمان دستگاه ها می توان معادله  $SO_x$  خروجی را به صورت زیر نوشت (۱):

$$M_{SO_2} (g/s) = 2 \times 10^3 \times \frac{S^w}{100} \times Q \times (1 - \eta_{SO_2})(1 - \eta'_{SO_2}) \quad (21)$$

که در آن  $S^w$  درصد سولفور موجود در سوخت است.  $Q$  میزان سوخت مورد استفاده در نیروگاه برحسب  $kg/s$  و ضریب ۲ برابر وارد کردن اختلاف جریان مولکولی  $S$  و  $SO_x$  به معادله وارد شده است.

$\eta_{SO_2}$  بیان کننده بخشی از اکسیدهای سولفور است که به وسیله جذب کننده از گازهای خروجی از بویلر جذب می شود و  $\eta'_{SO_2}$  بخشی از اکسیدهای سولفور را که به وسیله کلکتورهای خاکستر جذب می شود، نشان می دهد.

#### فرمول دمای واقعی در بویلرها (Ta):

می دانیم که در بویلرها، هوای ورودی برای کنترل دمای بخار سوپرهیت و نیز کنترل میزان تولید آلاینده ها پیش گرم می شود و نیز مقداری از گازهای دودکش (به همان دلیل ذکر شده) به داخل بویلر برگشت داده می شوند. با توجه به این موارد،  $T_a$  برابر است با (۱):

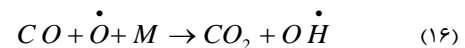
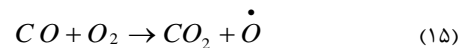
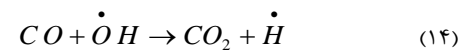
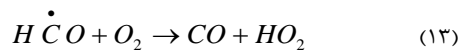
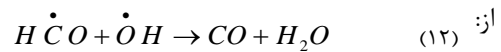
$$T_a = 273 + \frac{LHV(100 - q_1 - q_2 - q_3) + Q_a + rlg}{(1 - r)(1 + (A - 1)(Cp)g)} \quad (22)$$

که  $LHV$  ارزش حرارتی پایین سوخت و  $q_1$ ،  $q_2$  و  $q_3$  هدر رفتن حرارت متناسب با به ترتیب احتراق ناقص شیمیایی، هیدروکربن های نسوخته و خاکستر می باشد.

$$[NO]_e = 2512.1 \sqrt{\frac{A-1}{A+Ag}} : \exp(-10000/T) \quad (11)$$

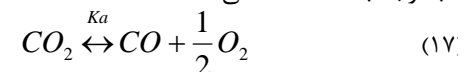
از این معادله برای پیش بینی غلظت  $NO$  تعادلی در بویلرها استفاده می شود. مقدار  $Ag$  برای مازوت ۰/۰۷۵ و برای گاز طبیعی ۰/۱۲۵ می باشد (۱). چنانچه روابط سینتیکی تولید  $NO_x$  را همانند  $NO$  بنویسیم، مشاهده می شود که زمان لازم برای رسیدن  $NO_x$  به حالت تعادلی طولانی بوده و لذا در لحظه پایان احتراق (همچنین در طول آن) میزان غلظت  $NO_x$  تولیدی شامل  $NO$  می باشد بنابر این می توان از غلظت  $NO_x$  حین احتراق صرف نظر کرد (۵-۳).

فرایند هایی که سبب شکل گیری  $CO$  می شوند عبارتند



که  $M$  کاتالیزور است.

در اینجا نیز با توجه به این که از اثر  $OH$  صرف نظر می کنیم به حالتی می رسیم که فرض می کنیم  $CO$  بر اثر احتراق به وجود آمده و تنها تبدیل آن به  $CO_x$  مدنظر است و لذا با توجه به معادله تعادلی (۲):



$$K_a = 26108 \exp(-33600/T)$$

معادله تعادل را مانند روش تشکیل  $NO$  نوشته و در نهایت داریم (سوخت مورد نظر  $C_xH_y$  می باشد) (۵):

$$C = \frac{x}{4.76A(x + \frac{y}{4}) + \frac{y}{4}} \cdot \frac{\beta}{1 + \beta} \quad (18)$$

$$\beta = 49.8 \sqrt{\frac{A + Ag}{A - 1}} \exp(-33600/T) \quad (19)$$

$$[CO]_e = \frac{10^6 \times C}{1 + 0.5C} (ppm); \quad (20)$$

$$[CO_2] = \frac{P - C}{1 + 0.5C} \times 10^6 (ppm)$$

در نوشتن رابطه (۱۸) از این امر که با در نظر گرفتن

جدول ۱- تعداد مول های اجزای محصولات احتراق در لحظه شروع و پایان تشکیل آلاینده ها

زمان	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub> O	n <sub>t</sub>
0	m	n	0	0	p	0	۱-m-n-p	۱
∞	m-a/۲	n-a/۲ + b/۲ + c/۲	a-b	b	p-c	c	۱-m-n-p	۱-b/۲ + c/۲

۳ نیز معلوم است که گرم کردن هوای ورودی سبب افزایش CO و کاهش CO<sub>p</sub> می شود، زیرا از ثابت واکنش تعادلی معلوم است که در دماهای بالا تبدیل CO<sub>p</sub> به CO به مقدار زیاد انجام می شود، اما با کاهش دما این میزان به شدت کاهش می یابد. (با کاهش دما از ۲۴۰۰ k به ۱۴۳۰ k مقدار Ka به ۳/۱۰۰۰۰ مقدار اولیه خود می رسد). [۵].

باید توجه کرد که در این حالت میزان اکسیژن در دسترس (A) ثابت در نظر گرفته می شود.

حال به بررسی اثر برگشت دادن گازهای خروجی می پردازیم. در نمودار ۴ مشاهده می شود که به ازای افزایش درصد برگشت گازهای خروجی، دمای آدیاباتیک شعله و نیز دمای متوسط شعله کاهش می یابد. در نمودار ۵ نشان داده شده است که به ازای افزایش درصد گازهای خروجی مقدار NO به علت کاهش دمای متوسط شعله و نیز به این علت که مقداری از NO تولید شده در احتراق قبلی، مجدداً وارد محفظه شده، به رادیکال های آزاد شکسته می شود و در احتراق شرکت می کند، کاهش می یابد.

در نمودار ۶ تغییرات NO برحسب A رسم شده است. در این نمودار مشاهده می شود که با افزایش A ابتدا مقداری افزایش NO داریم و سپس NO کاهش می یابد. دلیل این امر ترکیب دو اثر مجزا از هم است. اثر اول کاهش دمای آدیاباتیک شعله با افزایش A می باشد که در نمودار ۴ نشان داده شده و اثر دومی افزایش میزان O<sub>p</sub> و N<sub>p</sub> در دسترس برای انجام واکنش است. اثر اولی سبب کاهش NO (کاهش انرژی لازم برای شکستن رادیکال های آزاد و کاهش ترکیب آن ها و تشکیل NO) و اثر دومی سبب افزایش NO (افزایش رادیکال های آزاد در دسترس برای انجام واکنش) می شود. چنانچه از قضیه جمع آثار استفاده کنیم مشاهده می شود که برای مازوت در فاصله ۱/۱ < A < ۱ درصد کاهش NO با کاهش دما (با فرض N<sub>p</sub> و O<sub>p</sub> ثابت) برابر ۲۳/۶٪ و درصد افزایش NO با افزایش O<sub>p</sub> و N<sub>p</sub> (دمای ثابت) برابر ۱۱۵/۸۶٪ است و ترکیب این دو اثر فوق برابر ۹۲/۳٪ خواهد شد. (۵).

انرژی حرارتی موجود در هوای ورودی و are نسبت گازهای برگشتی و Ig انرژی گرمایی موجود در گازهای برگشتی و (Cp)g ظرفیت گرمایی گاز ورودی است و در نهایت با ساده سازی معادلات داریم(۱):

$$T_a = 273 + \frac{t_a^0 + A(Ca)ha t_{ha} + r[(Cg)r t_r + (A-1).(Ca)r t_r]}{(1+r)(1+(A-1)Ca/a)} \quad (۲۳)$$

که دمای آدیاباتیک شعله برحسب C برای سوخت مورد نظر با A=۱ و t<sub>ha</sub>=0 (بدون پیش گرم هوا) و r=0 می باشد (دمای معادل احتراق استوکیومتریك). tr دمای گازهای برگشتی برحسب (Ca)<sub>ha</sub>, (Ca)<sub>p</sub>, (Ca)<sub>a</sub> ، °C به ترتیب نسبت گرماهای مخصوص هوای گرم، هوای برگشتی و هوا در دمای t<sub>a</sub><sup>0</sup> به گرمای مخصوص گازها در دمای t<sub>a</sub><sup>0</sup> می باشد. مقادیر مربوط به C برای سوخت های مختلف در جدول ۲ ذکر شده است(۱).

جدول ۲- مقادیر مربوط به C های مازوت و گاز طبیعی [۱]

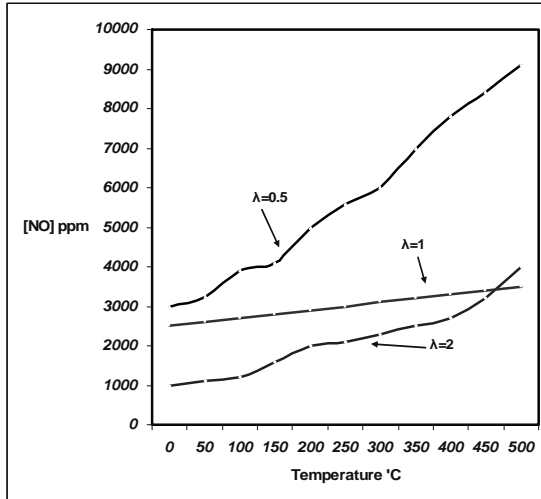
نوع سوخت	(Ca)a	(Cg)r	(Ca)r=(Ca)ha	Ag
مازوت	۰/۸۵	۰/۸۹	۰/۷۸	۰/۰۷۵
گاز طبیعی	۰/۸۶	۰/۸۶	۰/۷۲	۰/۱۲۵

**بحث و تفسیر نتایج**

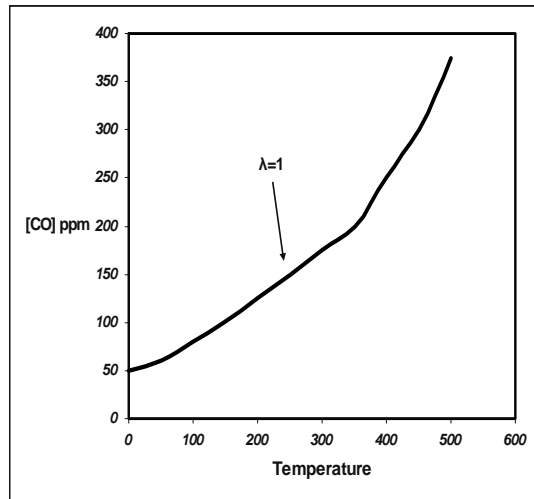
با استفاده از معادلات به دست آمده، نمودارهای مربوط به غلظت NO، CO<sub>p</sub> و CO<sub>p</sub> برحسب ضریب هوای اضافی در ابتدا برای مازوت ( C<sub>p</sub>H<sub>p</sub> ) و سپس برای گاز طبیعی CH<sub>۴</sub> که در آینده به عنوان سوخت جایگزین مورد استفاده قرار می گیرد، رسم شده است.

همچنین اثر مربوط به پیش گرم کردن هوای ورودی و برگشت دادن گازهای خروجی به میزان r به داخل بویلر نیز بررسی شده است.

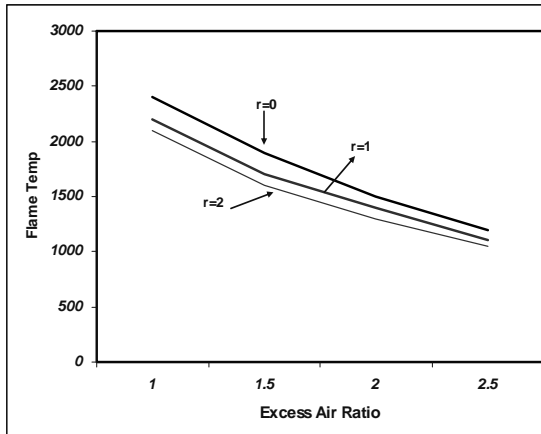
در نمودار ۱ مشاهده می شود که گرم کردن هوای ورودی به ازای یک r ثابت سبب افزایش میزان NO می شود که این خود به دلیل افزایش دمای احتراق می باشد که باعث می شود تعداد بیشتری از رادیکال های آزاد تولید شده و لذا ترکیب آن ها سبب افزایش NO می شود . در نمودار ۲ و



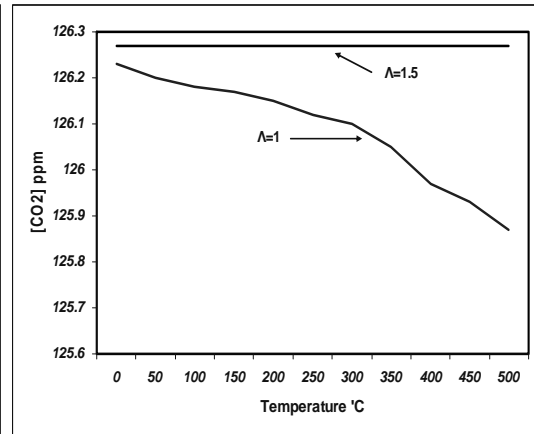
نمودار ۱- تغییرات غلظت NO در برابر دمای هوای پیش گرم شده ورودی برای  $A=1, 1.5, 2$



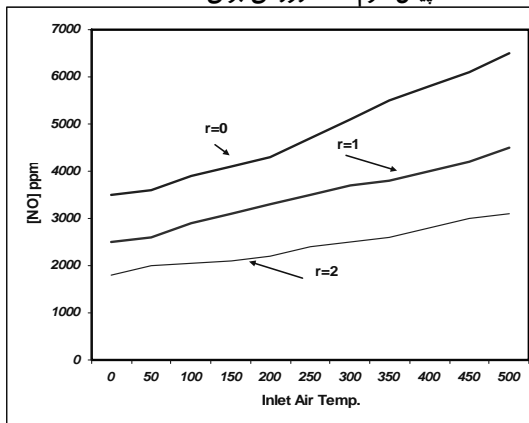
نمودار ۲- تغییرات غلظت CO در برابر دمای هوای پیش گرم شده ورودی برای  $A=1, 1.5, 2$



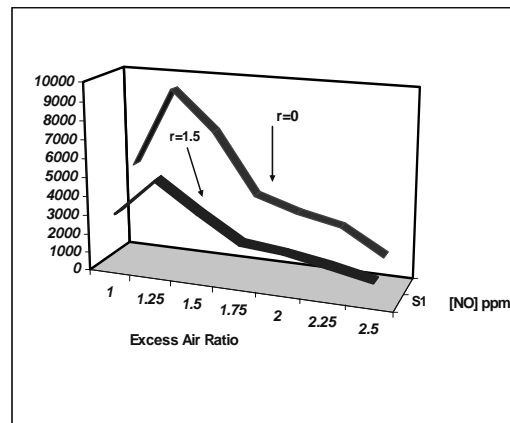
نمودار ۳- تغییرات غلظت  $CO_2$  در برابر دمای هوای پیش گرم شده ورودی برای  $A=1, 1.5, 2$



نمودار ۴- تغییرات دمای شعله بر حسب ضریب هوای اضافی برای مقادیر مختلف گازهای برگشتی



نمودار ۵- تغییرات غلظت NO بر حسب دمای هوای ورودی به ازای مقادیر مختلف گازهای برگشتی



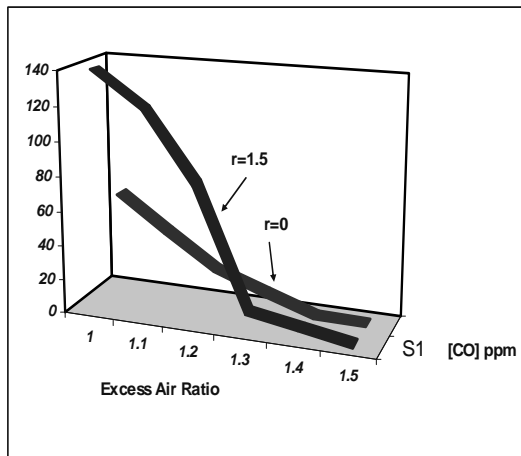
نمودار ۶- تغییرات غلظت NO بر حسب A

نشان می دهد که با افزایش  $A$  میزان  $CO$  به شدت کاهش می یابد. در مورد  $CO_2$  نیز در نزدیکی نقطه استوکیومتری که چون احتراق به سمت کامل شدن پیش می رود، بالاترین میزان  $CO_2$  را داریم و با دور شدن از این حالت احتراق ناقص شده و از میزان  $CO_2$  کاسته می شود (نمودار ۸).

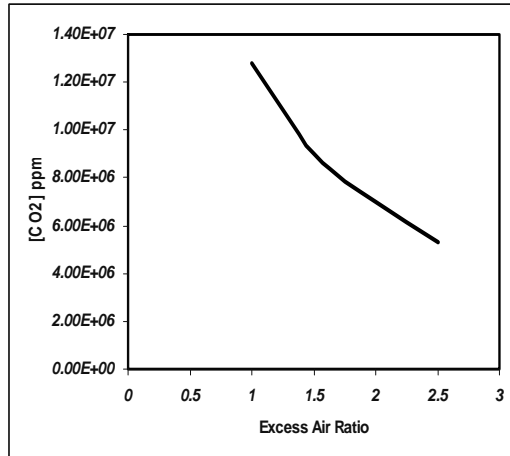
در این فاصله اثر  $N_2$  و  $O_2$  در دسترس نقش غالب را دارد، اما برای فاصله های بعدی مثلاً  $1/3 < A < 1/5$  اثر کاهش دما نقش غالب را دارد و لذا میزان  $NO$  در این فاصله کاهش می یابد. همچنین با افزایش  $r$  به علل گفته شده غلظت  $NO$  کاهش می یابد (۵). نمودار  $CO$  در برابر  $A$  (نمودار ۷)

۳ نتایج ارایه شده است. همچنین مقدار  $SO_2$  نیز محاسبه شده و با مقدار واقعی مقایسه شده است.

نتایج حاصل از اجرای مدل با مقادیر  $NO$  و  $CO$  در خروجی دودکش نیروگاه حرارتی تبریز با شرایط کارکرد  $r=1/15$  و  $t_f = 300^\circ C$  و  $t_a = 300^\circ C$  مقایسه شده و تطابق بسیار خوبی بین مقادیر تجربی و نتایج مدل به دست آمده است که در جدول



نمودار ۷- تغییرات غلظت CO بر حسب A



نمودار ۸- تغییرات غلظت CO2 بر حسب A

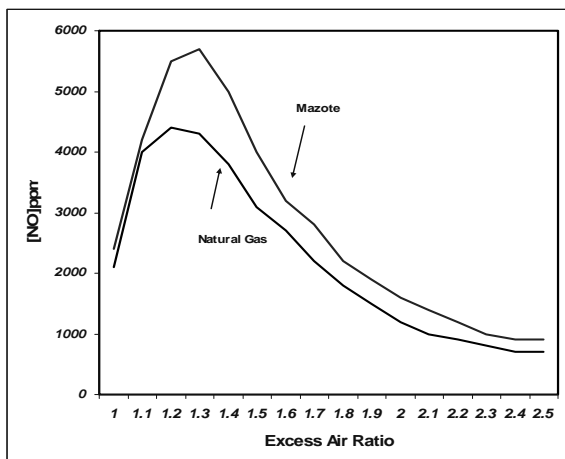
جدول (۳)- مقایسه نتایج مدل با مقادیر تجربی

نتایج	$NO(kg/h)$	$CO(ppm)$	$SO_2(kg/h)$
مقدار پیش بینی شده توسط مدل	۲۴۷/۷	۸	۳۳۱۸
مقدار اندازه گیری شده	۲۶۲/۳۵	ناچیز	۳۴۲۰
درصد خطا	۵/۸۲	ناچیز	۳

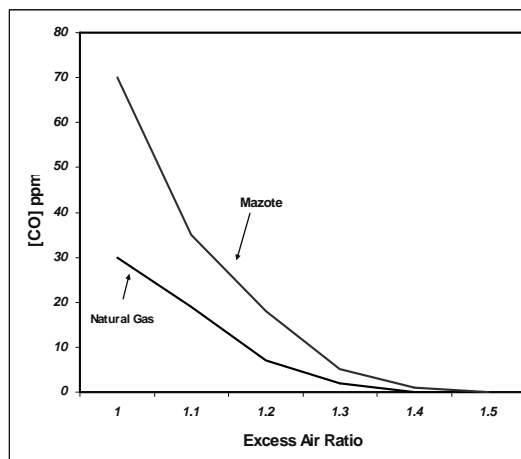
متان ( $CH_4$ ) که سرمنشا تمامی فواید آن است. پیش بینی می شود که در این مورد نیز مدل جواب های نسبتا دقیقی به ما بدهد. به هر حال کاهش مقدار آلاینده ها نوید بخش این مطلب است که بتوان با گاز سوز کردن نیروگاه ها علاوه بر سود اقتصادی ناشی از ارزان بودن گاز طبیعی، میزان آلاینده ها را تا سطح رسیدن به استانداردهای جهانی کاهش داد.

### ارایه نتایج برای گاز طبیعی

در نمودارهای ۹ تا ۱۱ نتایج غلظت آلاینده ها برای گاز طبیعی  $CH_4$  و مازوت رسم شده است. همچنین نمودار تغییرات دمای شعله با A (نمودار ۱۲) نیز رسم شده است. مقادیر غلظت ها که برای گاز طبیعی رسم شده اند، نشان می دهند که مقدار آلاینده ها در همه حالات نسبت به مازوت کاهش می یابد. دلیل اصلی این امر کاهش دمای آدیاباتیک شعله گاز طبیعی است و نیز فرمول ساده شیمیایی

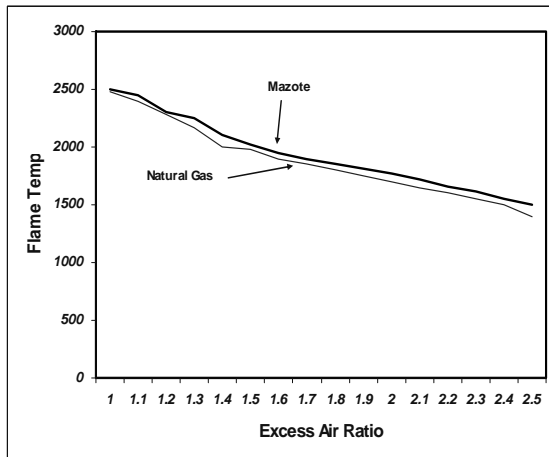


نمودار ۹- تغییرات غلظت NO بر حسب A برای مازوت و گاز نمودار

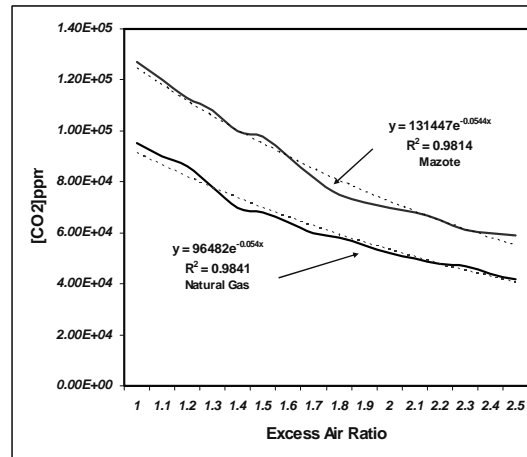


نمودار ۱۰- تغییرات غلظت CO بر حسب A برای مازوت و گاز





نمودار ۱۱- تغییرات غلظت CO<sub>2</sub> بر حسب A برای مازوت و گاز



نمودار ۱۲- تغییرات دمای شعله بر حسب ضریب هوای اضافی برای مازوت و گاز طبیعی

### نتیجه گیری کلی

در این تحقیق سعی شده است که مدلی برای پیش بینی آلاینده های حاصل از احتراق نفت کوره و گاز طبیعی در یک بویلر نیروگاهی بر پایه میزان اکسید نیتروژن ایجاد تولید شد که ارایه شود. مقایسه نتایج حاصل از این مدل با نتایج اندازه گیری شده در بویلر نیروگاه تبریز برای سوخت نفت کوره صحت و دقت قابل قبول این مدل را تایید می کند.

### منابع

- Janes M. Ber, «Low NO<sub>x</sub> Burners for Boilers, Furnaces and Gas Turbines», combustion science and technology.
- Berettam N. Mancinic, «The influence of the Temperature Fluctuations Variance ang No Prediction for a Gas Flame», combustion science and technology.
- «the study on Evaluation of Environmental Impact of Tabriz Thermal Power Plants» Tokyo ELECTRICS, power environmental, 1999.

- L.A. Richter, (1984), «Thermal Power Plants and Environmental Controls» Mir Publisher,.
- Robert Jennings Heinson, Robert Lynn kabel, (1999) «Sources and Control of Air Pollution», Prentice Hall,.



## مقدمه‌ای بر ژئوپلیتیک زیست محیطی

یوسف زین‌العابدین

استادیار دانشکده علوم انسانی گروه جغرافیای سیاسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت

حمیدرضا پاک نژاد متکی

دانشجوی کارشناسی ارشد رشته جغرافیای سیاسی دانشکده علوم انسانی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت

(عهده دار مکاتبات)

تاریخ پذیرش: ۸۵/۹/۹

تاریخ دریافت: ۸۵/۴/۱۵

### چکیده

محققان و سیاست‌گذاران در سال‌های اخیر به سمت ژئوپلیتیک زیست محیطی ناظر بر رفتارهای سیاسی روی آورده‌اند. امروزه، منافع مشترک کشورها به صورت فزاینده‌ای وابسته به همکاری جمعی دولت‌ها و ملت‌ها در ارتباط با حفاظت از اکوسیستم کره زمین می‌باشد. در این میان، مسایل ژئوپلیتیک زیست محیطی به دلیل ویژگی‌های سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و...، جلوه ویژه‌ای از تعامل منافع مشترک کشورها را به نمایش می‌گذارد. از این رو، در جهان کنونی تعدادی از ملت‌ها صرف نظر از نظام حکومتی و درجه توسعه اقتصادی، تمایل و آمادگی زیادی در جهت تدوین و تصویب مقررات زیست محیطی به صورت منطقه‌ای و بین‌المللی از خود نشان می‌دهند. زیرا رابطه محیط زیست با مسایل امنیت و توسعه و منافع ملی دولت‌ها پذیرفته شده است. بنابراین، بهتر است دولت‌ها نیز برنامه‌ها و سیاست‌های خود را به منظور حل و فصل منازعات ژئوپلیتیکی منطقه‌ای و بین‌المللی بر این اساس طرح و اجرا نمایند.

**واژه‌های کلیدی: ژئوپلیتیک، محیط زیست، دولت‌ها، منافع ملی، امنیت، حاکمیت**

### مقدمه

است و به‌طور قطع در آینده نیز دستخوش دگرگونی‌های بیشتر خواهد شد. این دگرگونی با پیامدهای چشمگیر ژئوپلیتیکی همراه خواهد بود که در این راستا، چالش‌های سه گروه ذینفع، تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان و دولت‌ها در سطح منطقه‌ای و جهانی تجزیه و تحلیل مسایل ژئوپلیتیک زیست محیطی را ضروری ساخته است.

### خواستگاه و رشد ژئوپلیتیک زیست محیطی

سر آغاز بحث با تعریفی از اکولوژی<sup>۱</sup> شروع می‌شود و سپس آن را به عنوان مبنایی برای مطالعات ژئوپلیتیک زیست محیطی مورد توجه قرار می‌دهیم. واژه اکولوژی را ارنست هکل<sup>۲</sup> جانورشناس آلمانی در سال ۱۸۶۶ میلادی باب کرد. این واژه از کلمه یونانی oikos گرفته شده است که به معنای مکان یا بوم (زیستگاه) می‌باشد. هکل این واژه را برای اشاره به تحقیقات درباره تمامی روابط حیوانات، اعم

1- Ecology

2- Ernst Heackel

مراقبت از محیط زیست یکی از اصول شاخص ژئوپلیتیک به شمار می‌رود. دلایل توجیه‌کننده گوناگونی وجود دارد که چرا باید دولت‌ها و ملت‌ها مراقبت بیشتر از محیط زیست داشته باشند و این دلایل در ژئوپلیتیک زیست محیطی مورد مطالعه قرار می‌گیرد. بر این اساس ماهیت برهان‌هایی که ژئوپلیتیک زیست محیطی برای مراقبت از محیط زیست عرضه می‌کند مبتنی بر دو اصل است:

۱. برهان‌هایی که بر مبنای آن‌ها دولت‌ها و ملت‌ها به دلیل رعایت مصلحت خودشان باید از محیط زیست مراقبت کنند.
۲. برهان‌هایی که بر اساس آن محیط زیست ارزش ذاتی دارد.

اکنون الگوها، منابع و تأثیرات تغییرات زیست محیطی در سراسر جهان به صورت متفاوت وجود دارند. بنابراین، ما باید جهانی در ذهن خود مجسم کنیم که کاملاً دگرگون شده

ترس از گسترش کاربرد آفت‌کش‌ها در آمریکا، مه‌های غلیظ و کشنده در لندن و نیز نشت مواد نفتی از چند نفتکش بزرگ نمونه‌هایی از ضایعات محیطی مربوط به مباحث امنیت ملی بوده است و نیز آزمایش‌های هسته‌ای ناشی از رقابت تسلیحاتی دوره جنگ سرد نمونه‌ای از ضایعات محیطی مربوط به مباحث امنیت بین‌المللی می‌باشد (۴).

از این رو، امروزه، مقیاس جهانی آسیب‌های اکولوژیکی و آشکار شدن تمایز بین کشورهای غنی و در حال توسعه، باعث به وجود آمدن يك بحران در بیوسفر زمین شده است. کشورهای صنعتی مدلی را برای رشد جهانی آغاز نموده‌اند که این مدل شامل الگوهای مصرفی و ادامه آن بسیار مشکل‌ساز شده است. کشورهای در حال توسعه نیز به ظاهر از همین الگوها پیروی می‌کنند (۵).

این اتفاق، تأثیر مهم گسترده و جهانی در زندگی انسان‌ها گذاشته که سرنوشت کلی ساکنین کره زمین را به موضوع رقابت ژئوپلیتیکی پیوند داده است.

در این راستا، حفظ محیط‌زیست و فراهم آوردن بستری سالم و آرام برای بشر، لزوم ارائه برنامه‌ها و طرح‌های بسیاری از سوی دولت‌ها، سازمان‌ها، گروه‌ها و افراد را موجب شده است. هرچند برخی از دولت‌ها تمایل زیادی به حفظ محیط‌زیست دارند، اما وجود برخی منافع باعث شده است که همین دولت‌ها دست به فعالیت‌هایی بزنند که حفظ و بقای محیط‌زیست را به خطر می‌اندازد.

به همین دلیل، ملت‌ها خود نیز به فکر افتادند تا راهی برای حفظ این محیط با ارزش پیدا نمایند، اما از آن جایی که اشخاص به تنهایی نمی‌توانستند در مقابل قدرت بزرگی چون دولت اقدام کنند، بنابراین، تلاش‌های خود را به صورت گروهی و سازمانی آغاز کردند که در این ارتباط می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- باشگاه رم<sup>۲</sup> (در سال ۱۹۶۸، با عضویت سی تن از دانشمندان و سیاستمداران سرشناس از کشورهای مختلف جهت بررسی مسایل و مشکلات زیست‌محیطی در شهر رم تأسیس شد) (۶).

۲- باشگاه سی‌پرا<sup>۴</sup> (در سال ۱۸۹۱ در سانفرانسیسکو توسط

از روابط آن‌ها با محیط طبیعی یا غیرطبیعی به کار برد. از نخستین سال‌های قرن بیستم اکولوژی به عنوان شاخه‌ای از دانش زیست‌شناسی به شمار می‌آمد که به مطالعه رابطه میان موجودات زنده و محیط‌زیست آن‌ها می‌پرداخت. اما در اثر کاربرد آن توسط جنبش سبز رو به رشد، به ویژه از دهه ۱۹۶۰ به بعد به طرز روز افزونی به صورت يك واژه سیاسی در آمد (۱) زیرا رهیافت سبز به سیاست، نشان می‌دهد که هر يك از انسان‌ها بخشی از عوامل بروز مسایل جهان هستند و خود می‌توانند بخشی از راه حل این مسایل باشند.

خطرهایی که سالم زیستن را تهدید می‌کند مربوط به همه موجودات زنده به خصوص انسان‌ها می‌شود و هیچ‌کسی نمی‌تواند نسبت به آن بی‌توجه باشد. بنابراین، هر يك از انسان‌ها، خود باید زمینه و شرایط را برای زندگی خود مساعد سازد و به شیوه ای زندگی کند که ارزش‌های انسانی و اکولوژیک تقویت شوند. بنابراین، سیاست سبز يك انقلاب درونی است (۲).

توانمندی انسان در حفظ و صیانت فضای زندگی خود یا در ویرانگری چشم‌اندازهای آن که در رابطه با شرایط طبیعی، اکوسیستمی متعادلی به وجود می‌آورد، بیانگر این واقعیت است که انسان عامل مهم ساخت‌ها، ویرانگری‌ها، ترکیب و اختلال در قلمروهای زیستی و بیوژئوگرافیک<sup>۱</sup> می‌باشد (۳).

البته، مفهوم اکولوژی و نظریه‌های همسان، مبنی بر این که انسان به طور جمعی می‌تواند در مقیاس بسیار وسیعی لطمات زیادی بر نظام‌های طبیعی وارد نماید به قرن نوزدهم بر می‌گردد. اما این دیدگاه به صورت موضوعات مورد توجه در سطح وسیع، از جنگ جهانی دوم و به شکل موضوع جدی برای بحث‌های ژئوپلیتیکی عمومی از چند دهه اخیر به وجود آمد. در این فرآیند، مفاهیم مهمی نظیر مسایل جهانی و امنیت جهانی به صورت بخشی از فرهنگ ژئوپلیتیکی در آمد و ضایعات محیطی و کارشناسی علمی درباره سیستم‌های طبیعی به مباحث امنیت ملی و بین‌المللی دولت‌های غربی افزوده شد.

برای مثال: مسمومیت جیوه‌ای در می‌نی‌ماتا<sup>۲</sup> ژاپن،

1- Biogeographic

2- Minimata

3- Club of Rome

4- Sierra Club

جان موار<sup>۱</sup>،  
 ۳- انجمن اودابن<sup>۲</sup> یا انجمن طبیعت بکر،  
 ۴- علاوه بر سازمان فوق هشت شکل دیگر نیز به نام‌های:  
 سازمان پارک‌های ملی، انجمن حفاظت از محیط‌زیست،  
 فدراسیون ملی حیات وحش، انجمن دفاع از منابع طبیعی،  
 اتحادیه ایزاک والتون<sup>۳</sup>، مدافعان حیات وحش، صندوق دفاع  
 از محیط‌زیست، و مؤسسه خط‌مشی محیطی در ایالات  
 متحده آمریکا به وجود آمدند که به مجموعه آنها گروه ده  
 اطلاق می‌شود که در دهه ۱۹۸۰ به وجود آمد (۷).

به همین دلیل محیط زیست و مسایل آن همواره مورد  
 توجه صاحب‌نظران و محققان بوده است و هر يك عقاید  
 خود را در این باره بیان داشته‌اند، که در اینجا به گونه کوتاه  
 به ارایه و بررسی برخی از آن‌ها مبادرت می‌شود:  
 ۱. افلاطون<sup>۱</sup>. در حدود پانصد سال قبل از میلاد،  
 افلاطون هشدار داد که کشاورزان یونانی با اجازه دادن  
 به دام‌های خود برای چرای بیش از حد در تپه‌ها و نیز  
 نابود کردن جنگل‌ها به استقبال بلا رفته‌اند (۱۰).

۲. پلوتینوس<sup>۱۱</sup>. فیلسوف معروف زمان خویش با الهام  
 از افکار افلاطون دیدگاه خود را نسبت به طبیعت  
 این‌گونه بیان می‌کند: حق و حقیقت منشأ خداوندی  
 دارد و در همه بخش‌های جزئی جهان تقسیم شده  
 است. کوچک‌ترین بخش‌ها، ارواح انسانی است. اما  
 جهان مادی که شامل طبیعت می‌باشد واقعاً چیزی  
 ندارد و طبیعت اثری از نشانه‌های پروردگار را معلوم  
 می‌دارد (۱۱).

۳. ارسطو<sup>۱۲</sup>. او بر این باور بود که مردم و محیط آن‌ها از  
 یکدیگر جدایی‌ناپذیرند و آن‌ها هم از شرایط جغرافیایی  
 و هم از نهادهای سیاسی تأثیر می‌پذیرند.

۴. ژان بدن<sup>۱۳</sup>. به نظر وی شرایط اقلیمی بر روحیات ملی  
 و هم‌چنین بر سیاست خارجی کشورها تأثیر می‌گذارد.

۵. منتسکیو<sup>۱۴</sup>. او به عوامل گوناگونی اشاره می‌کرد که به  
 نظر وی در تقسیمات سیاسی اروپای غربی در مقابل

۵- سازمان صلح سبز بین‌المللی در سال ۱۹۷۰ در شهر  
 ونکوور<sup>۵</sup> کانادا تشکیل شد.

۶- سازمان اول زمین در سال ۱۹۷۰ در نیومکزیکو و آریزونا  
 توسط دیوید فورمن تاسیس شد.

۷- حزب سبز آلمان در سال ۱۹۸۰ در آلمان تاسیس شد

#### ماهیت ژئوپلیتیک زیست‌محیطی

اصولاً استقرار و ادامه حیات بشر و همه جانوران و گیاهان  
 را محیط مادی مناسب فراهم کرده است. محیط مادی  
 (اکوسیستم<sup>۶</sup>)، اجتماعی از موجودات زنده به همراه محیط  
 غیر زنده محل اطراف آن است که در آن مواد (عناصر  
 شیمیایی) چرخش و انرژی جریان می‌یابد. این اصل بنیادی  
 را باید در نظر داشت که تداوم حیات در روی زمین از  
 خصوصیات اکوسیستم‌ها می‌باشد نه فقط افراد زنده یا  
 جمعیت‌های متعلق به گونه‌ای واحد (۸).

هوایی که ما تنفس می‌کنیم بخشی از کل اتمسفر<sup>۷</sup> می‌باشد  
 که کره زمین را در بر گرفته است و نزدیک‌ترین قشر آن به  
 سطح زمین، فضای حیاتی را تشکیل می‌دهد. خاک یا زمین  
 که یکی دیگر از عوامل تشکیل‌دهنده مادی سیاره زمین  
 است، در حقیقت، محل انجام همه فعل و انفعالات بشری  
 و دنیای جانوران و گیاهان محسوب می‌شود و قشری که در

8- Pedosphere

9- Biosphere

10- Plato

11- Plotinus

12- Aristotle

13- Jean Bodin

14- Montesquieu

1- John Muir

2- Group of Audubon

3- Izzak Walton

4- Group of Ten

5- Vancouver

6- Ecosystem

7- Atmosphere

اسلام نیز در این باره جامع و مناسب می‌باشد چنان‌که قرآن کریم همواره انسان‌ها را متوجه پدیده‌های طبیعی می‌کند و آن‌ها را آیات خداوند می‌خواند. در اسلام در حدود چهارده قرن پیش، برای محافظت از درختان و گیاهان، قوانینی وضع شده است که نه فقط جنگل‌ها بلکه حیات وحش را هم در بر می‌گیرد. بر اساس این قوانین، مناطق معین که به آن‌ها «حریم» یا «هیمه» نیز می‌گویند، از سایر مناطق جدا هستند و توسعه و کشاورزی در آن‌ها ممنوع است. این مجموعه قوانین اکولوژیکی بر اساس آیه‌های بی‌شماری از قرآن و فرموده‌های پیامبر اکرم (ص) قرار دارند. موارد زیر جزء آن‌هاست:

۱. زمانی‌که پیامبر اکرم (ص) حاکم مدینه شد، اعلام نمود که درختان اطراف این دو شهر مکه و مدینه به موجب احکامی نظیر احکام زیر تحت محافظت قرار دارند: مدینه مابین دو راه کوهستانی آن را سرتاسر مقدس اعلام می‌کنم، از این رو... از برگ‌های آن جز برای علوفه [دام] نباید استفاده نمود.

در شهر مکه نباید کسی شکار کند و گیاهان تازه‌اش را قطع کند.

۲. جهان سبز و زیباست و خداوند شما را خلیفه خود در آن قرار داد. او به آنچه شما انجام می‌دهید واقف است.

۳. اگر شخصی درختی را بکارد یا مزرعه‌ای را زیر کشت ببرد و انسان‌ها، حیوانات یا پرندگان از آن بخورند، این کار صدقه‌ای از طرف آن شخص محسوب می‌شود.

۴. هر کس درختی بکارد و از آن مراقبت کند تا بزرگ شود و ثمر دهد، در جهان آخرت پاداش خواهد گرفت. (۱۳)

به این ترتیب، می‌توان نتیجه گرفت که رابطه انسان با محیط‌زیست، شالوده اصلی ژئوپلیتیک زیست محیطی را تشکیل می‌دهد. زیرا محیطی که آدمی در آن زندگی می‌کند در زمینه‌های مختلفی مانند کار، زندگی شخصی و سرگرمی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. این محیط از اشیای متحد، متصل و پدیده‌های طبیعی شامل ژئوگرافی اقلیم، آب‌ها، خاک‌ها، پوشش گیاهی و حیوانات می‌باشد. اتحاد کلی این

دشت‌های وسیع آسیا و اروپای شرقی مؤثر بوده و به ایجاد روحیه استقلال طلبی سیاسی کمک کرده است. ۶. فردریک جکسون ترنر<sup>۱</sup>. وی این فرضیه را مطرح ساخت که در تاریخ آمریکا، نفس وجود مرز (که تا آخرین دهه قرن نوزدهم به واسطه ورود نسل‌های متوالی مهاجران به سمت غرب گسترش یافت) به روح و اندیشه مردم آن شکل داده است. به گفته وی، در آمریکا «آن تحول علمی و خلاق اندیشه و آن مصلحت‌طلبی شدید، آن روح مادی‌گری (هرچند فاقد ذوق هنری ولی کاملاً موفق و نیرومند)، آن نیروی بی‌قرار و پرحرارت، آن فردگرایی مسلط (خیر و شر) و آن سبک‌بالی و بلندپروازی برخاسته از آزادی، همه از نفس وجود مرز ریشه می‌گیرند و در هر جایی که مرزی وجود دارد، پدیدار می‌گردند».

۷. سوئل بی کوهن<sup>۲</sup>. به عقیده وی جان کلام تحلیل‌های ژئوپلیتیک راه، رابطه قدرت سیاسی بین‌المللی با محیط جغرافیایی تشکیل می‌دهد.

۸. ریمون آرون<sup>۳</sup>. به عقیده وی ژئوپلیتیک (سیاست جغرافیایی) عبارت است از: ترسیم جغرافیایی روابط دیپلماتیک- استراتژیک به وسیله تحلیل جغرافیایی- اقتصادی، منابع طبیعی و تفسیر گرایش‌های دیپلماتیک به عنوان معلول شیوه زندگی و محیط‌زیست.

۹. کالین گری<sup>۴</sup>. به عقیده وی جغرافیای طبیعی هر چند به تنهایی محدودیت‌ها و امکانات مهمی را به وجود می‌آورد، ولی فقط هنگامی اهمیت اساسی می‌یابد که در رابطه با زمان، تکنولوژی، تلاش‌های ملی مربوطه و انتخاب استراتژی‌ها و تاکتیک‌ها در نظر گرفته شود (۱۲).

علاوه بر دیدگاه‌های فوق، اندیشه‌های داروین، مالتوس<sup>۵</sup>، رانتل<sup>۶</sup>، هوفر<sup>۷</sup>، اسپراوت<sup>۸</sup> و...، در رشد و تکامل ژئوپلیتیک زیست‌محیطی تأثیر به‌سزایی داشته‌اند. دیدگاه

1- Frederick Jackson Turner

2- Saul B. Cohen

3- Raymond Aron

4- Colin Gray

5-Thomas Malthus

۶- پدر علم جغرافیای سیاسی در آلمان

۷- جغرافی‌دان آلمانی و مبتکر استراتژی ژئوپلیتیک

۸- Harold & Margaret Sprout صاحب کتاب «The Ecological Perspective on Human Affairs»

دیدگاه این دو گروه در مورد محیط‌زیست متفاوت می‌باشد. امروزه، در مقابل ایدئولوژی‌های سیاسی قدرتمندی چون ناسیونالیسم (ملی‌گرایی) این ایدئولوژی به وجود آمده است که آنچه ما باید آن را حفظ کنیم دیگر، فقط کشورها نیست، بلکه سیاره زمین و محیط‌زیست سراسر آن است (۱۷).

این ایدئولوژی سیاسی جدید بر دو نکته مهم تأکید دارد: اول این که، انسان‌ها در سیاره محدودی زندگی می‌کنند، در صورتی که توسعه و رشد به صورت نامحدود است؛ از این رو، استفاده و بهره‌برداری از سیاره زمین نیز نباید به صورت نامحدود باشد.

دوم این که، جهان طبیعی (مجموعه حیات) دارای ارزش ذاتی است، نه این که ارزش طبیعت تنها فایده‌ای است که برای انسان دارد. به عبارت دیگر، ارزش جهان طبیعی تنها به دلیل امکان بهره‌مندی انسان از آن نیست.

این طرز تفکر سیاسی جدید که به «فلسفه سبز» موسوم است، جهان کنونی را این چنین توصیف می‌کند. جهانی که ما در آن زندگی می‌کنیم ظاهراً برای افراط در مصرف، ارزش و اهمیت بیشتری قایل می‌شود و عملاً به داشتن چیزهایی که دیگران قادر به داشتن آن نمی‌باشند اهمیت می‌دهد. به این سبب فلسفه سبز، جهان غرب را مورد سرزنش قرار داده است و این سؤال را مطرح می‌سازد، که اگر ثروتمندان غرب به زندگی خود نگاه کنند و به خودشان بگویند: «ما خیلی پول داشتیم، چیزهای زیادی مصرف کردیم، اتومبیل‌ها و خانه‌های زیادی خریدیم، سوخت‌های فسیلی و بنزین زیادی سوزاندیم، تل‌بزرگی از آشغال و زباله بر جای گذاشتیم و این زندگی عالی بود.» آیا این نوع زندگی خوشبختی است؟ آیا این طرز تفکر می‌تواند صلح جهانی را به وجود آورد؟ اما باید گفت که متأسفانه با این اندیشه نمی‌توان به صلح پایدار میان ملت‌ها دست یافت و خوشبختی جهانی را برای ملت‌ها فراهم ساخت (۱۷).

به نظر می‌رسد برای تحقق صلح و آرامش جهانی، مناسب‌ترین راه در استفاده از محیط‌زیست، توجه به اصل آینده‌نگری است؛ زیرا این اندیشه در واقع حرکتی است از موعظه اخلاق به موعظه عدالت، یعنی تقسیم منصفانه منابع، نه تنها میان نسل‌های متوالی انسان‌ها، بلکه بین

عناصر مختلف به این گونه توجیه می‌شود: تمامی تغییرات حاصله در یک ترکیب به زودی به سایر ترکیب‌ها اثر گذاشته و با انعکاسی به روی آن‌ها تغییراتی به وجود می‌آورد که این تغییرات نتیجه نمود و پویای طبیعی و به ویژه نتیجه فعالیت‌های گوناگون انسان است (۱۴).

### تحولات روابط دولت‌ها و ملت‌ها

بیلز<sup>۱</sup> (۱۹۳۱) کتاب «تاریخ صلح»<sup>۲</sup> خود را با این گفته آغاز کرده است: «هر اندیشه‌ای که امروزه، درباره صلح و جنگ رواج دارد؛ در طول قرن نوزدهم، توسط گروه‌های سازمان‌یافته موعظه می‌شده است.» او به زمانی اشاره می‌کند که نخستین انجمن‌های صلح در ۱۸۱۵ در انگلستان تشکیل شدند. این سازمان‌ها دقیقاً در دورانی پدید آمدند که جنگ به اصطلاح «موج دومی» توسط ناپلئون به سرعت در حال توسعه و گسترش بود و طی سال‌ها این‌ها به نوبه خود به توسعه چیزی کمک کردند که به صلح موج دومی تبدیل شد، اما بنیادی‌ترین پیش‌فرض‌هایی که این نوع صلح بر آن استوار بود دیگر قابل دفاع نیست (۱۵).

با وجود این، اکنون نیز محیط سالم در این که جامعه محلی در بعد خرد و جامعه جهانی در بعد کلان حداقل به طور نسبی در فضایی آرام و بدون تنش به سر برد، تأثیر دارد. از این رو، ارتباط عمیق محیط‌زیست و صلح امری پذیرفته شده است، به طوری که اعلامیه اجلاس ریو (۱۹۹۲) نیز بر تفکیک‌ناپذیری صلح، توسعه و حفاظت از محیط‌زیست تأکید کرده است.

یکی از مشکلات اساسی در این مورد، وجود انواع دیدگاه‌های سیاسی متفاوت در جهان است که با هم هماهنگی ندارند (۱۶)، زیرا، در این راستا، آن‌چه به ساختار کشورهای جهان سوم مربوط می‌شود به گونه‌ای است که فرصتی را برای رسیدن به سطح جهان غرب در اختیار آن‌ها قرار نمی‌دهد؛ از سوی دیگر، توسعه اقتصادی که در غرب صورت گرفته است، معمولاً زائیده صنعتی کردن در مقیاس وسیع، بهره‌برداری از منابع محدود و ایجاد آلودگی زیست‌محیطی و نظایر آن بوده است. بنابراین،

1- A.C.F Beales  
2- The History of Peace

همه موجودات زنده و غیرزنده زمین که این اندیشه قوی‌ترین ابزاری برای ایجاد صلح پایدار در میان ملت‌ها و دولت‌ها به شمار می‌آید (۱۸).

### ضرورت ژئوپلیتیک زیست‌محیطی در جهان نوین

کتاب «بهار خاموش»<sup>۱</sup> (۱۹۶۲)، اثر راشل کارسون<sup>۲</sup>، مناسب‌ترین اثری است که توجه عمومی را به یک بحران زیست‌محیطی در حال افزایش جلب می‌کند. کارسون، در این کتاب به انتقاد از زیان‌های وارد شده به حیات وحش و دنیای حیوانات که زاینده استفاده روز افزون از سموم دفع آفات و سایر مواد شیمیایی به کار رفته در کشاورزی است، می‌پردازد (۱۹).

علاوه بر او پل کندی<sup>۳</sup> (۱۹۹۳) مورخ مشهور، یک فصل کتاب خود را به نام «آمادگی برای قرن بیست و یکم»<sup>۴</sup> به تأثیر زیانبار انسان بر کره زمین اختصاص داد. کندی چنین نتیجه‌گیری می‌کند که مشکلات جدی است و در ورای جنبه‌های ظاهری بعید به نظر می‌رسد که سازماندهی مجدد و تصمیماتی که برای حل این مشکلات مورد نیاز است، انجام گیرد (۲۰).

البته، نظر وی، یک دیدگاه منحصر به فرد در میان صاحب‌نظران این مقوله نیست. درباره این عقیده که زمین به طور جدی آسیب دیده است و امروز با شدت و با سرعت بیشتر از هر زمان دیگر در حال تخریب می‌باشد، همگان اتفاق نظر دارند (۲۱).

از این رو، اکنون زمان آن فرا رسیده است تا درک شود که محیط‌زیست مسئله مهم امنیت ملی است. تأثیر سیاسی و راهبردی جمعیت‌های مواج، پخش بیماری‌ها، جنگل‌زدایی، فرسایش خاک، تهی‌سازی منابع آب، آلودگی هوا و احتمالاً بالا آمدن سطح آب دریاها تا حالت بحرانی، مناطق دارای سرریز جمعیتی نظیر بنگلادش و دلتای نیل را دچار توسعه‌هایی که مهاجرت‌های توده‌ای را گسترش می‌دهد، خواهد نمود. همه این‌ها در کانون چالش سیاست خارجی کشورها قرار می‌گیرند که توجه توده مردم را به

منافع و علایق دسته‌بندی شده جدید پس از جنگ سرد جلب می‌نماید (۴).

بر این اساس، به منظور پی‌بردن به شیوه‌هایی که مسایل زیست‌محیطی<sup>۵</sup> موجب جلب توجه عمومی و بیان خواسته‌های آنان برای تغییر می‌شود، می‌توان به اثر سولزبری (۱۹۷۶) مراجعه کرد. وی با یک دستور کار مصنوعی یا یک فهرست خیالی، بهترین موضوعات را توصیف می‌کند که مورد مشاجره سیاسی بوده و افکار عمومی، خواستار اقدام در مورد آن است اما به مرور زمان این دستور کار عوض می‌شود؛ زیرا یا به موضوعات رسیدگی شده است و یا دیگر نیازی نیست که اقدام بیشتری صورت گیرد و سپس مسایل جدیدی بروز می‌کند که برای بررسی در دستور کار قرار می‌گیرد (۱۰).

بنابراین، محل برخورد ملاحظات زیست‌محیطی و ژئوپلیتیک آغاز می‌شود و محیط‌زیست‌گرایی دیگر، صرفاً تماشای پرندگان، نجات جنگل‌ها و پاکیزه‌سازی هوا را در بر نمی‌گیرد؛ بلکه، اقدامات گسترده‌تری از جمله، اقداماتی علیه دفع زباله‌های سمی، حقوق مصرف‌کنندگان، اعتراض‌های ضد هسته‌ای، فمینیسم<sup>۶</sup> و شماری از مسایل دیگر با دفاع از طبیعت و محیط‌زیست را در بر می‌گیرد (۲۲). به این ترتیب، ریشه این نهضت در گسترش چشم‌انداز وسیعی از دعاوی و حق‌طلبی‌ها روز به روز تقویت می‌شود (۲۳).

### جهانی شدن مسایل زیست‌محیطی

همان طور که قبلاً اشاره شد، اکنون این احساس پیدا شده است که در جهان کنونی دولت‌ها و ملت‌ها باید به فکر حفظ سیاره زمین و محیط‌زیست آن باشند، نه فقط حفظ کشورهايشان. این طرز تفکر به تدریج جنبه جهانی پیدا کرده و موجب کم‌رنگ شدن حاکمیت دولت‌ها شده است. این مسایل در نخستین دهه‌های فعالیت سازمان ملل به این صورت مطرح نبود و موضوع مورد توجه آن بود که دولت‌ها چگونه بر منابع طبیعی خود کنترل داشته باشند.

5- Environmental Issues

۶- فمینیسم (نهضت آزادی زنان) از جمله ایدئولوژی‌های جدیدی می‌باشد که هواداران آن بر این باورند که زنان به طبیعت نزدیک‌تر بوده و با نیروهای طبیعت هماهنگ می‌باشند در حالی که، مردان بیرون از طبیعت یا در تضاد با آن قرار دارند.

1- Silent Spring

2- Rachel Carson

3- Paul Kennedy

4- Preparing for the twenty-first Century



کمبرود خاک مرغوب ۵- آلودگی هوا و ریزش برف و باران اسیدی ۶- مشکل انهدام زباله‌های هسته‌ای ۷- تخریب جنگل‌ها و تنوع زیستی و....

لازم به یادآوری است که بحران‌های یادشده را نمی‌توان جدا از متغیرهای جغرافیایی، اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و سیاسی دانست. اگرچه در گذشته ژئوپلیتیک درگیری ملت‌ها و دولت‌ها را در رابطه با گسترش ارضی و حفظ منابع طبیعی مورد مطالعه قرار می‌داد، اما در دوران اخیر، مسایل زیست‌محیطی را به عنوان عامل درگیری و منازعه میان دولت‌ها و ملت‌ها مورد ارزیابی قرار می‌دهد. با وجود این برخلاف گذشت مدت زمان طولانی از تهدیدهای امنیتی مسئله زیست‌محیطی، به نظر می‌رسد این مسئله باید زودتر از این وارد بحث‌های ژئوپلیتیکی می‌شد (۲۹).

محیط‌زیست با توجه به تعدد و پیچیدگی قراردادها و کارگزاری‌های بین‌المللی که از آن دفاع می‌کنند، چالش‌های ویژه‌ای در برابر انسجام و وحدت رویه‌ها به وجود می‌آورد. اینک بیش از ۴۰۰ معاهده منطقه‌ای و جهانی چندجانبه مربوط به محیط‌زیست در دست اجرا است که طیفی گسترده از مسایل مربوط به محیط‌زیست از جمله تنوع زیستی، تغییر آب و هوا و مبارزه با بیابان‌زدایی را در بر می‌گیرد. ویژگی بخشی این اسناد حقوقی و تشکیلات و نظام جزء جزء شده برای نظارت بر اجرای آن‌ها، امکان نشان دادن واکنش‌های مؤثر همگانی و فراگیر را دشوارتر می‌کند (۳۰).

#### چشم‌انداز ژئوپلیتیک زیست‌محیطی

آینده برای انسان‌ها از هر زمان دیگری در تاریخ، هم روشن‌تر و هم تاریک‌تر است. دنیایی که آدمی در آن زندگی می‌کند به خاطر این که با رسالت نابودی و رسالت تکنولوژی مواجه می‌باشد، پوچ به نظر می‌آید. میلیاردها هزینه می‌شود تا افراد انگشت‌شماری به کره ماه برسند و در اینجاست که به اهمیت حفاظت تنوع زندگی بر روی کره زمین پی برده می‌شود. الگوی مصرفی یک چهارم جمعیت دنیا بر این مبناست که بیش از پیش از منابع طبیعی استفاده کنند. اما پس‌مانده حاصله، موقعیت ثروتمندان و امید فقیران را

در طول دهه ۱۹۶۰ قراردادهایی برای جلوگیری از آلودگی دریاها به ویژه بر اثر نشت نفت توسط سازمان ملل به امضا رسید (۲۴).

از آن زمان شواهد روزافزونی از زوال محیط‌زیست در مقیاسی جهانی وجود داشته است و جامعه بین‌المللی درباره تأثیر توسعه بر زیست‌بوم کره زمین و سلامت و رفاه انسان‌ها، نگرانی روزافزونی از خود نشان داده است (۲۶).

از این رو، رابطه بین توسعه و نابودی محیط‌زیست نخستین بار در سال ۱۹۷۲ در کنفرانس محیط‌زیست سازمان ملل در استکهلم مطرح شد. از نکات شایان ذکر کنفرانس مذکور آن بود که برای نخستین بار رابطه کلی میان محیط‌زیست و توسعه به صورت رسمی در قالب روابط کشورهای شمال (پیشرفته) و کشورهای جنوب (در حال توسعه) مطرح گردید (۲۷).

اینک ضروری است که به پاره‌ای از بحران‌های زیست محیطی که در گستره جهانی مطرح می‌باشند، پرداخته شود.

#### بحران‌های زیست‌محیطی قرن بیست و یکم

در آستانه عملیات طوفان صحرا، ملک حسین، پادشاه اردن بیان کرد: «اگر چه جنگ نفت شروع شده است اما ممکن است جنگ آب و درگیری‌های ناشی از تخریب خاک، جنگل، افزایش درجه حرارت زمین، افزایش سطح آب دریاها و پیامدهای ناشی از آن، زیاد به تعویق نیفتد» (۲۶).

این سخن نشان می‌دهد که آسیب‌های اکولوژیکی فضای جهانی متمایز بین کشورهای غنی و در حال توسعه باعث به وجود آمدن یک بحران در بیوسفر زمین شده است. کشورهای شمال (کشورهای پیشرفته) مدلی را برای توسعه آغاز نموده‌اند که این عمل شامل الگوهای مصرفی می‌شود و ادامه آن بسیار مشکل است. کشورهای جنوب نیز به ظاهر در حال پیروی از چنین الگویی جهت رسیدن به توسعه می‌باشند (۲۸).

مهم‌ترین موضوعاتی که به عنوان بحران‌های فرامرزی تمام دولت‌ها را به چالش واداشته‌اند عبارتند از: ۱- گرم شدن زمین ۲- کاهش لایه ازن ۳- کمبود آب شیرین ۴-

به خطر می‌اندازد(۳۱).

تحولات عظیمی در قرن بیست و یکم صورت خواهد گرفت که موجب تغییرات فاحشی در زندگی بشر خواهد شد. این تغییر و تحولات را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

۱. افزایش سریع تکنولوژی ارتباطات

۲. افزایش تکنولوژی محصولات

۳. رشد تکنولوژی ژنتیکی

۴. پیشرفت تکنولوژی انرژی

در این راستا، کشورهای جهان به سه دسته کشورهای صنعتی، کشورهای نیمه‌صنعتی و کشورهای غیرصنعتی تقسیم خواهند شد؛ و جمعیت جهان در سال ۲۰۲۵ به صورت زیر خواهد بود:

- جمعیت کل جهان ۸/۴ میلیارد نفر

- جمعیت کشورهای صنعتی یا مرفه ۱/۳ میلیارد نفر

- جمعیت کشورهای نیمه‌صنعتی ۵/۱ میلیارد نفر

- جمعیت کشورهای غیرصنعتی ۲ میلیارد نفر (۳۲).

از این رو با توجه به معادله زیر، محیط‌زیست ظرفیت جوابگویی و تأمین نیازهای جمعیت مذکور را نخواهد داشت:

تأثیر محیط زیست = انتخاب نوع فن آوری × عادات مصرف (روش زندگی) × مقدار تراکم جمعیت (۳۳)

چنین به نظر می‌رسد که در آینده، ژئوپلیتیک پیوندی عمیق و استوار با وضعیت بحران زیست‌محیطی در سطح منطقه‌ای و جهانی خواهد داشت. این چشم انداز نشان می‌دهد دولت‌ها و ملت‌ها در جهان معاصر چاره‌ای جز کنار گذاردن الگوها، سیاست‌ها و روش‌هایی که موجب نابودی گونه‌های انسانی و دنیای طبیعی می‌شوند، ندارند. به همین دلیل مسایل زیست‌محیطی در سال‌های اخیر چالش‌های ژئوپلیتیکی مهمی را برای روابط بین‌الملل به وجود آورده است. این چالش‌ها عبارتند از:

۱- چالش اول: به نقش و اهمیت کشورها باز می‌گردد.

از دیرباز علم روابط بین‌الملل بر حول محور کشورها استوار بوده است. کشورها بر اساس مفهوم حاکمیت، هر يك در پی دستیابی به منافع خویش می‌باشند. با وجود این، معضلات زیست‌محیطی منطقه‌ای و جهانی

مشکلات عینی و جدی در چگونگی اعمال حاکمیت کشورها و محدودیت‌های آن‌ها ایجاد نموده است. بنابراین، کشورها نقش اصلی و اساسی را در ترسیم سیاست زیست‌محیطی، چه در سطح ملی و منطقه‌ای و چه در سطح جهانی، بیشتر ایفا خواهند کرد. اما نقش و تأثیر شرکت‌های چند ملیتی و سازمان‌های غیر دولتی را نیز نباید در این مورد نادیده گرفت. به طوری که، نقش و تأثیر آن‌ها در این مورد به تدریج موجب کم‌رنگ شدن حاکمیت دولت‌ها می‌شود.

۲- چالش دوم: مربوط به اجرای تعهدات بین‌المللی زیست‌محیطی است که نیازمند همکاری‌های نهادهای بین‌المللی، کشورها، سازمان‌های منطقه‌ای و داخلی می‌باشد.

بررسی‌های صورت گرفته درباره سیاست‌های بین‌المللی زیست‌محیطی نشان می‌دهد که دخالت و نقش عوامل غیردولتی در امور مسایل زیست‌محیطی به خصوص در توافق‌نامه‌ها بسیار مهم می‌باشد. جایگاه کشورها نیز در این مورد باید مورد بازبینی قرار گیرد. زیرا ماهیت و معضلات مسایل زیست‌محیطی جهان به گونه‌ای است که مقابله با آن‌ها نیازمند همکاری گسترده میان فرآیندها و عوامل ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی می‌باشد. شبکه‌ها و سازمان‌های منطقه‌ای و فراملی، چون سازمان‌های غیردولتی حفاظت محیط‌زیست، شرکت‌های چند ملیتی، نهادهای مالی و دانشمندان به طور عمده نقش مهمی در این مورد ایفا می‌کنند. همان گونه که از وجه تسمیه آن‌ها بر می‌آید، در محدوده هیچ گونه حد و مرز کشوری یا بین‌المللی نمی‌گنجند.

۳- چالش سوم: به رابطه بین شناخت و آگاهی قدرت و منافع باز می‌گردد. دانش علمی و تخصصی، اغلب نقش مهمی در زمینه سیاست‌های بین‌المللی ایفا می‌کند(۳۴).

#### نتیجه‌گیری

پایان جنگ سرد و فروپاشی اتحاد جماهیر شوروی (سابق)، به این معنی نبوده است که دیگر در جهان امروز، ایدئولوژی سیاسی وجود ندارد. در مقابله با ایدئولوژی قدرتمند

۶. باشگاه رم (۱۳۶۷)، «جهان در آغاز قرن بیست و یک»، ترجمه: علی اسدی، انتشارات انقلاب اسلامی.
۷. دابسون، اندرو (۱۳۷۷)، «فلسفه و اندیشه سیاسی سبزها»، ترجمه: محسن ثلاثی، انتشارات آگاه.
۸. بوتکین، دانیل و ادوارد کله (۱۳۷۸)، «شناخت محیط زیست زمین سیاره زنده»، ترجمه: عبدالحسین وهاب زاده، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
۹. لواسانی، احمد (۱۳۷۲)، «کنفرانس بین المللی محیط زیست ریو دو ژانیرو»، انتشارات وزارت امور خارجه.
۱۰. مویر، ریچارد (۱۳۷۹)، «درآمدی بر جغرافیای سیاسی»، ترجمه: دره میرحیدر، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
۱۱. شکوئی، حسین (۱۳۸۲)، «اندیشه های نو در فلسفه جغرافیا»، جلد دوم، انتشارات گیتاشناسی.
۱۲. فالتزگراف، رابرت و جیمز دوئرتی (۱۳۷۶)، «نظریه های متعارض در روابط بین الملل»، ترجمه: علیرضا طیب و وحید بزرگی، انتشارات قومس.
۱۳. خالد، فضلان و جوان اوبراین (۱۳۷۸)، «اسلام و محیط زیست»، ترجمه: اسماعیل حدادیان مقدم، انتشارات آستان قدس رضوی.
۱۴. اعضای آکادمی علوم اتحاد جماهیر شوروی (سابق) (۱۳۷۲)، «انسان، جامعه و محیط زیست»، ترجمه: دکتر صلاح الدین محلاتی، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
۱۵. نافلر، آلوین و هایدی نافلر (۱۳۷۲)، «جنگ و ضد جنگ»، ترجمه: شهیندخت خوارزمی، انتشارات سیمرغ.
۱۶. وینسنت، اندرو (۱۳۷۸)، «ایدئولوژی های مدرن سیاسی»، ناسیونالیستی (ملت‌گرا) این احساس پیدا شده است که در جهان کنونی انسان‌ها باید به فکر حفظ سیاره زمین و محیط‌زیست آن باشند، نه حفظ کشورها. این طرز تفکر به تدریج موجب کمرنگ شدن حاکمیت دولت‌ها شده است. این ایدئولوژی سیاسی جدید که به فلسفه سبز موسوم است، امروزه، طرفداران زیادی در جهان پیدا کرده است و بیش‌تر بر نقش سازمان‌ها و شرکت‌های غیردولتی در امور زیست‌محیطی و نیز بر تقسیم منصفانه منابع طبیعی میان ملت‌ها و نسل‌های آینده تأکید دارد.
- بر این اساس، اکنون، ژئوپلیتیک پیوند عمیقی با مسایل زیست‌محیطی پیدا کرده است چرا که، دولت‌ها و ملت‌ها پی برده‌اند که برای به دست آوردن صلح و آرامش و از بین بردن منازعات میان خود مناسب‌ترین راهبرد، رعایت مسایل زیست‌محیطی می‌باشد.

## منابع

۱. هی وود، اندرو (۱۳۸۳)، «درآمدی بر ایدئولوژی های سیاسی»، ترجمه: محمد رفیعی مهرآبادی، انتشارات وزارت امور خارجه.
2. Kelly, Petra (1994), "Thinking Green: Essays on Environmentalism, Feminism, and Nonviolence", Berkeley: Parallax Press.
۳. فرید، یدالله (۱۳۷۹)، «شناخت شناسی و مبانی جغرافیای انسانی»، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر.
۴. اتوتایل، ژناروید و دیگران (۱۳۸۰)، «اندیشه های ژئوپلیتیک در قرن بیستم»، ترجمه: محمدرضا حافظ نیا و هاشم نصیری، انتشارات وزارت امور خارجه.
۵. برادن، کتلین و فرد شلی (۱۳۸۳)، «ژئوپلیتیک فراگیر»، ترجمه: علی فرشچی و حمیدرضا رهنما، انتشارات دوره عالی جنگ.

- ترجمه: مرتضی ثاقب فر، انتشارات ققنوس.
- درمخاصمات مسلحانه بین المللی»، انتشارات وزارت امور خارجه
۱۷. زین العابدین، یوسف (۱۳۸۵)، «توسعه، محیط زیست و دولت ها در قرن ۲۱»، مجموعه مقالات اولین همایش جغرافیا و قرن ۲۱، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد.
۱۸. رادیو B.B.C (۱۳۸۴/۸/۳۰)، «دوازدهمین برنامه تاریخ اندیشه سیاسی»
۱۹. کارسون، راشل (۱۳۸۱)، «بهار خاموش»، ترجمه: عبدالحسین وهاب زاده و عوض کوچکی، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
20. Kennedy, P (1993), "Preparing for the twenty-first Century", New York, Random House.
۲۱. جانستون، آر. جی. و دیگران (۱۳۸۳)، «جغرافیاهای تحول جهانی»، ترجمه: نسرين نوریان، انتشارات دوره عالی جنگ.
۲۲. کاستلز، مانوئل (۱۳۸۴)، «عصر اطلاعات: جامعه و فرهنگ (ظهور جامعه شبکه ای)»، ترجمه: احد علیقلیان و افشین خاکباز، انتشارات طرح نو.
23. Gottlieb, Robert (1993), «Preparing for the twenty-first Century», New York, Random House.
۲۴. زین العابدین، یوسف (۱۳۸۳)، «جغرافیای سیاسی و مدیریت دریاها (با تاکید بر مرزهای دریایی ایران)»، پایان نامه دوره دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.
۲۵. سازمان ملل متحد (۱۳۸۴)، «حقایق اساسی درباره سازمان ملل متحد»، ترجمه: علی ایثاری کسمایی، انتشارات مرکز اطلاعات سازمان ملل متحد در تهران.
۲۶. بختیاری اصل، فریبرز (۱۳۷۶)، «حفاظت از محیط زیست
۲۷. دادس، کلاوس (۱۳۸۴)، «ژئوپلیتیک در جهان متغیر»، ترجمه: زهرا احمدی، انتشارات بلاغ دانش.
۲۸. زاکس، اینانسی (۱۳۷۳)، «بوم شناسی و فلسفه توسعه»، ترجمه: سید حمید نوای، ناشر موسسه فرهنگی کیان.
29. Mac Donald, Gordon J., (1995), «Environmental Security», Policy, University of California.
30. U.N. (2005), "In Larger Freedom: Towards Development, Security & Human Rights for all Report of the Secretary-General ", U.N. Information Center in Tehran.
۳۱. میلر، جورج تایلر (۱۳۸۲)، «زیستن در محیط زیست»، ترجمه: مجید مخدوم، انتشارات دانشگاه تهران.
۳۲. مصدق، احمد (۱۳۸۲)، «تخریب محیط زیست جهانی و آینده جهان»، نشر علوم کشاورزی.
۳۳. دبیر سیاقی، سید منوچهر (۱۳۸۳)، «بحران محیط زیست»، انتشارات حدیث امروز، قزوین.
۳۴. گرین، آون (۱۳۷۹)، «محیط زیست»، ترجمه: احمد علیخانی، انتشارات دوره عالی جنگ.

## Biosorption of Stable Strontium and Strontium-90 (Radioactive) Using *Cystoseira indica* Brown Alga in the Environmental Pollution Removal

Reza Dabbagh (Corresponding author)\*

Hossein Ghafourian \*\*

Akbar Baghvand\*

Gholam Reza Nabi\*

Hossein Riahi\*\*\*

\*Faculty of Environment, Tehran University

\*\*Nuclear Research Center, Atomic Energy Organization of Iran

\*\*\* Faculty Science of Biology Department, Shahid Beheshti University

### Abstract

Biosorption of stable strontium ( ) and strontium-90 ( , radioactive) by *Cystoseira indica* brown alga was studied in this research. The optimum absorption pH is  $9\pm 0.3$  and the highest absorption capacity was seen after 6 hours of contact. Based on Langmuir isotherm, the maximum biosorption capacity were 26.67 mg/g.dry-wt and 10526 Bq/g.dry-wt. Meanwhile, Langmuir coefficients were 0.017 and 0.00006 for and , respectively. Increasing concentration and activity and using more biomass caused an increase in and removal. The dynamic capacity was 14.17 mg/g.dry.wt ( : 160.97mL/g) in the test column. There is no change in the biomass absorption capacity after 5 times of absorption and desorption experiments using CaCl<sub>2</sub>, NaCl, CH<sub>3</sub>COOH and EDTA.

**Key words:** Biosorption, Strontium, Strontium-90, Brown alga, *Cystoseira indica*

## Laboratory Study of Arsenic Removal by Macro-algae, Chara

Yassaman Babae (Corresponding author)\*

Mohammad Reza Alavi Moghadam\*

\*Faculty of Environment and Civil Engineering, Amirkabir University of Technology

Fereshte Ghassemzadeh\*\*

Mohammad Hossein Arbab Zavar\*\*

\*\*Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad

### Abstract

Arsenic is one of the most important toxicants in surface and ground water. Several researchers have studied the use of phytoremediation process for the removal of different pollutants in soil and water. The aim of this study was to investigate the arsenic removal from surface water of Chelpo area in north-east of Iran using the macro-algae, Chara.

Four reactors were used in this study with the initial arsenic concentrations of 50, 100, 200, and 300  $\mu\text{gr/L}$ . Besides the assessment of arsenic concentration in water and algae, the pH of the media, and the initial and final weights of Chara were measured.

The results showed that Chara could significantly remove arsenic from the polluted water. The maximum arsenic removal was observed in the reactor with initial concentration of 50  $\mu\text{gr/L}$ . The highest arsenic concentration in macro-algae at the end (day 19) reached 62.7 mg/kg dry Chara in the reactor with initial arsenic concentration of 300  $\mu\text{gr/L}$ .

**Key words:** arsenic, Chara, Chelpo (north-east of Iran), macro algae, phytoremediation

## Environmental Effects of Aquaculture in Iran

Reza Arjmandi \*

Abdolreza Karbassi \*\*

Roxana Moogouie (Corresponding Author) \*

\*Faculty of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University

\*\* Faculty of Environment, Tehran University

### Abstract

This paper discusses the environmental effects of aquaculture in Iran. When using water as a means of production, two fragile ecosystems require attention: mangroves and coral reefs. About 70% of the annual precipitation in Iran is not being controlled and the inefficient use of the remaining water can lead to high environmental costs.

In this study, development capacities as well as the physical and chemical quality of water are considered, with an emphasis on rainbow trout culture. The importance of aquaculture in creating food security for population growth, occupation, and GNP increase is explained and the methods of sustainable development in aquaculture, such as the use of biotechnology and integrated agriculture-aquaculture systems are presented. Feeding management is introduced as a factor in decreasing environmental adverse effects and pollution of raceways effluent is investigated. Effluent treatment with sedimentation ponds, aeration with compressors, and utilization of final ponds are also explained as a means of decreasing environmental adverse effects.

**Key words:** aquaculture, environmental effects, annual growth, mangrove, coral reefs

## **Toxic Effect of Zinc Sulfate on Gill Tissues of Common Carp (*Cyprinus carpio*)**

**Tahereh Naji**

Faculty of Pharmacology, Islamic Azad University, Tehran

**Shila Safaeian**

Faculty of Marine sciences and Technology, Tehran North Branch, Islamic Azad University

**Mina Rostami**

Faculty of Veterinary, Tehran University

**Mehrnaz Sabrjou** (Corresponding author)

Faculty of Marine sciences and Technology, Tehran North Branch, Islamic Azad University

### **Abstract**

In this study, the toxic effect of acute doses of zinc concentration on *Cyprinus carpio* was investigated in laboratory conditions.

First, the extent of zinc LC50 was measured in 120- to 130- gram fishes. The figures for 24, 48, 72, and 96 hours were 78, 64, 56 and 50 mg/Lit, respectively. Then, the microscopic images of gill tissues of *Cyprinus carpio* which were exposed to different concentrations of zinc sulfate were studied from a histopathologic view.

The obtained results show that exposure to zinc leads to hypertrophy and hyperplasia of gill epithelium, adhesion of secondary lamellae to each other, and considerable increase in mucus.

**Key words:** common carp, zinc sulfate, gill tissue, LC50



## **Comparison of Technical, Hygienic and Economic Aspects of Sterilization, Incineration and Sanitary Landfill as the Three Available Methods for Hospital Wastes Disposal in Shahr-e-Kord**

**Ghasem Ali Omrani**

School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences

**Farideh Atabi**

Faculty of Energy and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University

**Mehraban Sadeghi**

Faculty of Public Health, Shahr-e Kord University of Medical Sciences

**Bahman Banaee Ghahfarokhi** (Corresponding author)

Faculty of Energy and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University

### **Abstract**

The control of solid wastes, specially hazardous and toxic ones including hospital wastes, is very important. Due to the prevalence of infectious diseases in the hospitals of Shahr-e-Kord, the diversity of wastes and their inappropriate disposal methods, the presence of various bacteria and viruses, the high level of pollution, the unpleasant smell, and the lack of accurate physical and chemical analysis, the present research is of importance. This study is an applied research which has been conducted for the first time over 13 months in order to compare the technical, hygienic and economic aspects of three hospital wastes disposal methods, namely, sterilization, incineration, and sanitary landfill. The results facilitate the selection of the best method considering the infrastructure and available potentials in Shahr-e Kord. The total waste produced by the four hospitals in the city is 1,500 kilograms per day, of which 45% is infectious litter. The collection of this litter is entrusted to the private sector. Through conducting physical and chemical analysis in the middle ten days of each season, the percentage of different elements in the wastes, the percentage of infectious and non-infectious wastes, the density of the wastes, and the degree of pollution in the hospital wastes were determined.

In the chemical analysis, using gas-detection pipes and a special pump, the gases emitted from the incinerator stack were measured and compared with the international standards. The results indicated high levels of emission from the incinerators. The pertinent costs of each method were calculated separately. In the end and after the analysis of the results, the disinfection and sterilization methods were recommended as the best options for the disposal of hospital wastes in Shahr-e-Kord.

**Key words:** hospital wastes, per capita hospital waste, infectious wastes, disinfection, sterilization

## Investigation of Industrial Hazardous Waste: A Case Study of Fars Province

**Paria Amirian** (Corresponding author) Email: Paria\_Amirian@yahoo.com  
Faculty of environmental, Science and Research Branch, Islamic Azad University,  
Ahwaz

**Naser Talebbeydokhty**  
Faculty of Civil Engineering, Shiraz University

**Nematollah Jafarzadeh**  
Faculty of Health, Ahwaz University of Medical Sciences

**Ramin Nabizadeh**  
School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences

### Abstract

Due to having features such as toxicity, corrosiveness, ignitability, reactivity or other similar characteristics, hazardous wastes refer to the wastes that jeopardize man's health and environment. Hazardous wastes are produced by different industrial, commercial, agricultural or even domestic activities, their risk varies according to the type of materials and environmental conditions, and they can bring about different effects including acute, chronic, short-term and long-term ones.

Because of economic and health considerations, a study was required to identify the industrial hazardous wastes in Fars Province, since it plays an important role in the development of the country's industry. In this study, 101 industrial units were selected and the necessary data were gathered using a questionnaire, interviewing those in charge of the units, and referring to the available documents. The information includes the type and amount of waste, method of temporary storage, frequency of waste discharge, method of final disposal, and the condition of recovery and reuse of waste. Meanwhile, for storing and analyzing the data, an «industrial waste database» was made.

The obtained results indicate that 3,011,277.1 tons of wastes are produced each year, excluding the uncontrolled industrial waste water, of which 2,505.52 tons are categorized as hazardous wastes (based on the list of the Basel Convention). Of these wastes, 13.42% are toxic. Besides, 72.12% of the wastes are liquid and 12.63% are solid. It is to be mentioned that there is no temporary storage for 22.92% of these wastes. Moreover, 27.66% of them are disposed of in the environment without any kind of control. Furthermore, all the aspects of the management of hazardous wastes are analyzed and their results presented.

**Key words:** industrial hazardous waste, Basel Convention, database, Fars Province

## Possibility of Waste Minimization in Bandar Imam Petrochemical Complex: A Case Study of the Olefin Plant

**Sima Sabzali Pour** (Corresponding author)

Science and Research Branch, Islamic Azad University

**Nemat Allah Jaafar Zadeh**

Environmental Health Department, Jondi-Shapour University of Medical Sciences

**Masood Monavari**

Science and Research Branch, Islamic Azad University

### Abstract

Petrochemical complexes are among the most important industries for the industrial development in our country. Such industries produce wastes which need to be managed. In the past two decades, waste minimization has been considered as a new policy.

In countries where there is not enough environmental supervision over the industries, treatment and disposal are more emphasized. Such an approach leads to an increase in costs and in many cases may cause the resources to be wasted. Since waste minimization strategy can reduce the problems, the modern management of decreasing wastes is considered as a national strategy.

In this research, the possibility of industrial wastes minimization is studied in the Olefin Plant which is an important unit for producing raw materials for the other polymeric plants in Bandar-e-Imam Petrochemical Complex. To achieve the goals of the study, such issues as the production process, qualitative and quantitative properties, and also reasons for the waste material production were investigated. Both the quality and the quantity of these materials were determined after the identification of waste materials. The results show that 11,972,000 kg of industrial wastes is produced in the Olefin Plant annually. These materials were then categorized according to the method proposed by the United Nations Environmental Program (UNEP). It was determined that 89.67% of the waste materials of the Olefin Plant were hazardous and 10.29% non-hazardous.

The hazardous wastes consisted of catalysts, coke, asbestos, used oils and gallons, and polymeric sludge. Then the existing options for waste minimization were surveyed and it was determined that 91% of hazardous wastes could be recycled and 8.94% could be reduced.

**Key words:** hazardous wastes, UNEP classification, waste minimization, Olefin Plant, petrochemical complex

## Environmental Management of the Solid Wastes of Stone Cutting Industries: A Case Study of Qom Province

**Mohammad Mosaferi** (Corresponding author)

School of Health and Nutrition, Tabriz University of Medical Sciences

**Mohammad Fahiminia**

School of Health, Qom University of Medical Sciences

**Hassan Tagheipour**

School of Health and Nutrition, Tabriz University of Medical Sciences

### Abstract

The increasing development of stone cutting industries (SCIs) and the extensive use of the different types of stone for construction have led to the increased amount of generated solid wastes in our country, which requires proper environmental management. Considering the importance of the issue, the management of SCIs solid wastes was investigated in Qom province as a case study. Some 55 SCIs were selected and studied. Meanwhile, the disposal sites of the SCIs solid wastes were surveyed as to their environmental adverse effects.

The results show that there are 186 active SCIs active in Qom Province, all of which are located within at most 15 kilometers from the city of Qom in 4 areas: Kooch-e Sefid road, old Qom-Tehran road, Kashan road, and Isfahan road. The generated solid wastes are disposed of in 4 sites along these roads. Regarding the number of stone cutting machines (SCMs), these industries are of two types: 151 units have one SCM and 35 units have two. As to the frequency of such factories, most of them (77 units) are along Kashan road. On the average, 50% of the stone used in these factories changes into waste material. The highest amount of waste is related to quartz stones and the lowest pertains to granite stones. The SCIs having one SCM produce an average of 400 tons of wastes per year. The figure is about 600 tons per year for two-SCM units. The total annual amount of solid wastes generated by SCIs is estimated to be 81,400 tons, of which 15,000 tons (18%) are recycled. For complete recycling, the capacity of these factories should increase at least as much as 500 percent. There was no proper management at the disposal sites; therefore, it is necessary to take correct actions for the collection, recycling, and disposal of these waste materials by responsible organizations including the municipality.

**Key words:** stone cutting industries, solid wastes, Qom Province, environmental Management

## Stabilization and Solidification of Electroplating Sludge Using Construction Materials

**Vahid Shapouri** (Corresponding author)

Graduated Student, Department of Civil and Environmental Engineering, Amirkabir University

Shapouri\_v@yahoo.com

**Mohammad Reza Alavi Moghadam**

★**Taghi Ebadi**

Assistant Professor, Department of Civil and Environmental Engineering, Amirkabir

### Abstract

Stabilization/solidification (S/S) process is routinely used for the final treatment of the hazardous wastes prior to land disposal. This process is used for treatment of hazardous waste especially heavy metals sludge. In this study cement and silica fume were used to stabilize hexavalent chromium present in the electroplating sludge. The degree of chromium stabilization was evaluated using the Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) Test and Compression Test. The specimens were prepared based on various Cr+6 concentration in sludge (12, 6, 1 gr/l) and ASTM C109/C 109M-95 standard. The results show that the Cr contaminated in leaching solution for 12 and 6 g/l Cr+6 in sludge is more than maximum contaminated level (5 mg/l) in TCLP test after 28 days curing but the results of Cr+6 fixation percent show that the mean percent of Cr+6 fixation is 87% and this percent seems to be acceptable for the present situation of electroplating sludge disposal in Iran. Another obtained data showed that the partial replacement of cement with 10% silica fume increase the efficiency of Cr+6 fixation and compensate any negative effects caused by sludge on Cement hydration. It should be mentioned that the Compressive strength amount of all samples are more than the minimum EPA compressive strength for stabilized material (3.5 kg/Cm<sup>2</sup>).

**Key words:** electroplating sludge, chromium stabilization, Stabilization and solidification, cement, silica fume.

## Environmental and Legislative Study of The Surface Water Resources of Tehran Potable Water

**Borhan Riyazi\***

Environmental Protection Organization

**Nasser Ghasemi**

Faculty of Judicial Sciences and Administrative Services

**Farhad Dabiri\***

**Elahe Pourkarimi** (Corresponding author)\*

\*Faculty of Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University of Medical Sciences.

### Abstract

The water basins of Karaj, Latian, and Lar dams — with an area of 843, 695, and 652 square kilometers, respectively — include several permanent and seasonal rivers and streams which are the main sources of water supply of Tehran. These basins face serious threats now: all wastes including solid wastes as well as domestic and industrial waste water are the most important threats to the environment, especially to the surface and ground water resources. Unplanned development of cities and residential areas around these resources has caused rapid water pollution, especially from a biological standpoint.

The present study also analyzes the contradictory regulations and the overlapping among them which are considered as a threatening factor in these basins.

Such parameters as the management of the basins and the role of responsible executive organizations, dealers, and ordinary native people that are among the threatening factors are also studied.

Finally, some structural, legal, executive, and managerial points are proposed.

**Key words:** potable water resources, water basins, legal condition, environmental condition, industrial wastewater

## Mathematical Modeling and Prediction of Executed Emissions from Heat-Electrical Industries

**Reza Marandi** (Corresponding author)

Faculty of Technology, Tehran North Branch, Islamic Azad University.

**Nasrollah Majidian**

Technical Faculty, Tehran North Branch, Islamic Azad University

**S.Mohammad Hoji Khorasani**

Faculty of Technology, Shahrood Branch, Islamic Azad University

### Abstract

Executed Hydrocarbons contain NO, NO<sub>2</sub>, PM, SO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>O, etc., among which CO<sub>2</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub>, PM, and SO<sub>2</sub> are known as major environmental pollutants in big industrial cities.

In this research, using thermodynamic models for emission prediction, a model is devised for power plant boilers which can predict the CO, NO, SO<sub>2</sub>, and CO<sub>2</sub> concentrations.

In the end, a comparison is made between the predicted values and the real ones measured for Tabriz power plant boiler. The results show an acceptable correlation between the predicted and the real figures.

**Key words:** executed, mathematical model, chemical, kinetics, pollutant

## An Introduction to Environmental Geopolitics

**Yousef Zeinolabedin**(Corresponding author)

**Hamid Reza Paknejad Mottaki**

Faculty of Humanities Group of Political Geography Islamic Azad University Rasht Branch

### Abstract

In recent years, researchers and politicians have come to use environmental geopolitics which studies political behavior. Today, the common benefits of states and nations increasingly depend on their co-operation in relation to the protection of the ecosystem of the Earth. In the meantime, due to political, economic, and social characteristics, environmental geopolitics issues display a special image of the countries' common interests.

Therefore, in today's world, some nations are interested in and prepared for passing both regional and international environmental laws because it has been accepted that there is a relationship between environment on the one hand and security, development and national interests on the other hand.

Thus, it is better for the governments to prepare and execute their plans and policies to solve both local and international geopolitics disputes.

**Key words:** geopolitics, environment, states, national interests, security, sovereignty.





### **Production of Mixed Composites from Wastes in Iran**

The observance of regulations and standards in all aspects of solid wastes management as a fundamental principle for the preservation of environment and the health of creatures requires special attention. The issue is an inevitable necessity in the establishment and development of composite production industries from the beginning (the production line) to the end (supplying the products to the market). It should be considered in different management areas of the country's composite industry including the separation of materials from the start, the designing principles, the production process, and most importantly, the control of the products and the synthesis of the materials in terms of plant feeding aspects and hygienic issues. The existence of more than 10 factories producing composites from mixed wastes including house hazardous wastes (HHW) which are not separated in any of the cities of the country and the spending of tens of billion tomans are the problems that have turned into a basic challenge in the country's wastes management from hygienic and economic points of view. Lack of necessary standards, absence of control over such industries on the part of the responsible officials, and lack of a balance in economic aspects of composites compared with other wastes disposal methods as well as inconsideration of the development of biocomposite plans are all among the issues which aggravate the problem.

It is to be mentioned that the establishment of factories for the production of composites from mixed wastes in Iran – where the planning and the needed machinery are provided by countries like Germany – has been forbidden since 1993 in many countries, especially in Germany which is the pioneer in composite industries in the world. Besides, the mere study of heavy metals, plant feeding materials, and the absence of parasites in mixed composites in Iran are not sufficient reasons for these materials to be considered standard.

The presence of toxins, medical refuse, and industrial wastes, and lack of attention to gravel, glass, and plastic as well as the absence of heat or smell control, safety considerations for the personnel, and sampling methods and programs on the one hand and lack of consideration for economic aspects compared with other waste disposal methods including sanitary landfills in different parts of the country on the other hand are all special challenges which should be considered clearly and rapidly in the establishment, development, and efficacy of the country's composite production industries.

Due to the absence of regulations and /or the inability in doing the necessary experiments, it seems that the production of mixed composites – as it is common in Iran – directly threatens the farmers, all other members of the society, the soil, and the environment, and is not at all to the benefit of the country.

There are other points regarding the hygienic and economic issues of the production of composites in Iran, which require the special attention of the respected authorities in the Interior Ministry, Ministry of Health, and Environment Protection Organization to the following topics:

1. Development of solid wastes management strategy through the immediate establishment of a special commission of university professors and those who are experienced in the field.
2. Prompt stop of investment in and establishment of mixed composite industries and the development of biocomposite plans in Iran like many advanced countries.
3. Assessment of mixed composite industry in comparison with biocomposite in terms of hygienic and economic issues and setting it as an example in the country's composite production strategy.
4. Development of special standards for composites and their control by departments responsible for such standards, Environment Protection Organization, Health Ministry, Agricultural Jihad Ministry, and the like.

Ghasem Ali Omrani

## Contents

<b>Biosorption of Stable Strontium and Strontium-90 (Radioactive) Using <i>Cystoseira indica</i> Brown Alga in the Environmental Pollution Removal</b>	1
Reza Dabbagh, Hossein Ghafourian, Akbar Baghvand, Gholam Reza Nabi, Hossein Riahi	
<b>Laboratory Study of Arsenic Removal by Macro-algae, Chara</b>	11
Yassaman Babae, Mohammad Reza Alavi Moghadam, Fereshte Ghassemzadeh, Mohammad Hossein Arbab Zavar	
<b>Environmental Effects of Aquaculture in Iran</b>	19
Reza Arjmandi, Abdolreza Karbassi, Roxana Moogouie	
<b>Toxic Effect of Zinc Sulfate on Gill Tissues of Common Carp (<i>Cyprinus carpio</i>)</b>	29
Tahereh Naji, Shila Safaeian, Mina Rostami, Mehrnaz Sabrjou	
<b>Comparison of Technical, Hygienic and Economic Aspects of Sterilization, Incineration and Sanitary Landfill as the Three Available Methods for Hospital Wastes Disposal in Shahr-e-Kord</b>	37
Ghasem Ali Omrani, Farideh Atabi, Mehraban Sadeghi, Bahman Banaee Ghahfarokhi	
<b>Investigation of Industrial Hazardous Waste: A Case Study Of Fars Province</b>	47
Paria Amirian, Naser Talebbeydokhty, Nematollah Jafarzadeh, Ramin Nabizadeh	
<b>Possibility of Waste Minimization in Bandar Imam Petrochemical Complex: A Case Study of the Olefin Plant</b>	55
Sima Sabzali Pour, Nemat Allah Jaafar Zadeh, Masood Monavari	
<b>Environmental Management of the Solid Wastes of Stone Cutting Industries: A Case Study of Qom Province</b>	65
Mohammad Mosaféri, Mohammad Fahiminia, Hassan Tagheipour	
<b>Stabilization and Solidification of Electroplating Sludge Using Construction Materials</b>	75
Vahid Shapouri, Mohammad Reza Alavi Moghadam, Taghi Ebadi	
<b>Environmental and Legislative Study of The Surface Water Resources of Tehran Potable Water</b>	85
Borhan Riyazi, Nasser Ghasemi, Farhad Dabiri, Elahe Pourkarimi	
<b>Mathematical Modeling and Prediction of Executed Emissions from Heat-Electrical Industries</b>	95
Reza Marandi, Nasrollah Majidian, S. Mohammad Hoji Khorasani	
<b>An Introduction to Environmental Geopolitics</b>	105
Yousef Zeinolabedin, Hamid Reza Paknejad Mottaki	
<b>The Abstracts of Articles in English</b>	124

# IN THE NAME OF GOD

## GUIDELINES FOR AUTHORS

The Journal of "*Environmental Science and Technology*" is the official scientific quarterly publication of the Faculty of Environment, Science & Research branch of IAU. In scientific collaboration with Iranian Society of Environmentalists. It accepts original papers in the field of Environmental Science.

1. Manuscripts submitted for publication should describe original work not previously published elsewhere.

2. Manuscripts may be submitted in Persian or English and should be written according to sound grammar and proper terminology. Irrespective of the language, the paper should be accompanied with both English and Persian abstracts.

3. Manuscripts should be typed on one side of an A4 paper, with double spacing and 3 cm margin at each side, and submitted in triplicate.

4. The first page of the paper should only contain the title, name(s), degree(s) and address(es) of the author(s).

5. The text should include: title, 3-4 keywords, abstracts, introduction, materials and methods, results and discussion, acknowledgement if necessary, and references.

6. The English and Persian abstracts for each paper submitted on two separate pages, inclusive of all the information requested under item 4.

7. Tables should be submitted on separate pages with captions placed above.

8. Figures and graphs in black and white are accepted if they are of high quality and mounted on separate pages with the legends placed below.

9. The same data should not be presented in both tables and figures, and their suggested place should be clearly marked on the margin of the text.

10. References should be cited in the manuscript by superscript numerals in parentheses and numbered sequentially in order of citation.

Each Journal reference should be shown the following: author's name, year of publication, title of articles, name of journal, volume and pages.

Book references should include: author's name, year of publication, title addition (if other than first), page(s), publisher and place of publication.

11. Short communications and each report should, when possible, follow the same structure as original papers.

12. The Editorial Board of the Journal reserves the right to accept or reject any article, as necessary.

## بسمه تعالی

کد اشتراک .....

### برگ درخواست اشتراک فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست

خواهشمند است نام..... در.....  
فهرست مشترکان مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست ثبت و از شماره ..... سال ..... تعداد.....  
نسخه مجله را مرتباً برای اینجانب  این اداره  این سازمان  این وزارتخانه  به آدرس زیر ارسال دارد .

نشانی کامل و شماره تلفن : .....

امضاء

ضمناً فیش شماره ..... به مبلغ ..... ریال بابت حق اشتراک مجلات  
مورد تقاضا به حساب جاری شماره ۱۱۱۱ بانک ملی ایران شعبه حصارک دانشگاه آزاد اسلامی کد ۱۰۱۷ واریز  
شده به ضمیمه ارسال گردد .

آدرس : تهران ، بزرگراه اشرفی اصفهانی، پونک، حصارک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

ساختمان علوم پایه ، دانشکده محیط زیست و انرژی

تلفن : ۴۴۸۰۸۷۰۰ - ۴۴۸۴۸۴۴۳ - صندوق پستی : ۱۴۱۵۵/۷۷۵

اشتراک سالانه : ۷۲۰۰۰ ریال

تک شماره: ۱۸۰۰۰ ریال

## فرم داوری مقالات پژوهشی

### محیط زیست

نام: ..... نام خانوادگی: .....  
دارای درجه: ..... در رشته: .....  
تخصص اصلی: ..... تخصص جنبی: .....  
آشنا به زبان: ..... شغل: .....  
سابقه کار: .....

تالیفات پژوهشی: دارد / ندارد  
کتاب: دارد / ندارد

کتاب \*

در صورت مثبت بودن جواب بالا نام

مقالات \*

مایل به همکاری جهت داوری مقالات در زمینه مهندسی  
محیط زیست هستم مدیریت  
علوم  
طراحی

آدرس:

فاکس:

شماره تلفن تماس:

پست الکترونیک:

\* در صورت نیاز می توان از صفحات اضافی استفاده کرد.