



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران شمال

دانشکده علوم و فنون دریایی

گروه: محیط زیست

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد "M.Sc"

گرایش: HSE

موضوع:

ارزیابی ریسک‌های ایمنی، بهداشتی و محیط زیستی

کارخانه سیمان اردبیل به روش FMEA و AHP

استاد راهنما:

دکتر سعید ملاماسی

استاد مشاور:

دکتر مرتضی عالیقدر

نگارش:

محمد مرادی

تابستان ۱۳۹۷

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سپاس خدای را که هر چه دارم از اوست  
به امید آنکه توفیق یابم جز خدمت به خلق او نکوشم

سپاس از سه وجود مقدس

پدرم که روحش شاد

مادرم، مقدس‌ترین واژه لغت نامه دلم، که زندگیم را مدیون مهر و عطوفت او می دانم  
و سپاس از اساتید بزرگوارم خصوصاً استاد راهنمای عزیزم جناب آقای دکتر سعید ملامسی که  
روشنگر راهم بودند

این مجموعه را تقدیم میکنم به همسر عزیزم

که ساعت‌های متعلق به او را صرف نگارش آن کردم به پاس قدردانی از او که با قلبی آکنده از عشق و معرفت محیطی سرشار از سلامت و آرامش برایم فراهم ساخت تا مشکلات مسیر برایم سهل گردد.

تقدیم به دختران دلبندم

امید بودم که آسایششان، آرامشم است

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	چکیده.....
۳	فصل اول: کلیات تحقیق.....
۴	۱-۱- مقدمه.....
۵	۱-۲- تاریخچه سیمان.....
۵	۱-۳- بیان مسئله.....
۸	۱-۴- اهمیت و ضرورت انجام تحقیق.....
۹	۱-۵- فرضیه‌های تحقیق:.....
۱۰	۱-۶- تعریف واژه‌ها و اصطلاحات فنی و تخصصی:.....
۱۰	۱-۶-۱- روش AHP (Analytical Hierarchy process).....
۱۰	۱-۶-۲- روش FMEA (Failure mode effects analysis).....
۱۱	۱-۶-۳- ارزیابی ریسک (Risk assessment).....
۱۱	۱-۶-۴- شناسایی ریسک.....
۱۱	۱-۶-۵- مدیریت ریسک محیط‌زیست (Risk management).....
۱۲	۱-۶-۶- ریسک (risk).....
۱۲	۱-۶-۷- ایمنی (Safety).....
۱۲	۱-۶-۸- سیستم (system):.....
۱۲	۱-۷- مدیریت ریسک.....
۱۳	۱-۷-۱- شناسایی ریسک.....
۱۴	۱-۷-۲- تحلیل ریسک.....
۱۵	۱-۹- ارزیابی ریسک.....
۱۶	فصل دوم: سوابق تحقیق.....
۱۷	۲-۱- مروری بر ادبیات.....
۱۷	۲-۱-۱- ادبیات تحقیق در سطح ملی.....

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۲-۱-۲- ادبیات تحقیق در سطح بین‌الملل:	۲۱
فصل سوم: روش اجرای تحقیق	۲۴
۳-۱-۳- FMEA (تحلیل مدهای خرابی و تاثیرات)	۲۵
۳-۱-۱- فرایند FMEA	۲۵
۳-۱-۲- محدوده FMEA	۲۷
۳-۱-۳- تیم FMEA	۲۸
۳-۱-۴- برگه شروع انجام FMEA	۳۲
۳-۱-۵- قواعد FMEA	۳۲
۳-۲- AHP (فرآیند تحلیل سلسله مراتبی)	۳۴
۳-۲-۱- فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در اولویت بندی مشکلات پروژه	۳۴
۳-۳- متودولوژی تحقیق (روش FMEA)	۳۶
۳-۳-۱- گام اول: بازدید فرایند / محصول	۳۷
۳-۳-۲- گام دوم: طوفان فکری	۳۸
۳-۳-۳- گام سوم: لیست کردن تاثیرات بالقوه مربوط به هر حالت شکست	۳۹
۳-۳-۴- گام چهارم: بین رتبه شدت	۳۹
۳-۳-۵- گام پنجم: تعیین رتبه کشف/تشخیص	۴۱
۳-۳-۵- گام ششم: محاسبه نمره مقدماتی خطر	۴۲
۳-۳-۶- گام هفتم: اولویت بندی حالت‌های شکست برای اقدام	۴۴
۳-۳-۷- گام هشتم: اقدامات اجرایی جهت حذف یا کاهش حالت‌های بالقوه پرخطر	۴۴
۳-۳-۸- گام نهم: محاسبه مجدد نمره مقدماتی خطر	۴۵
۳-۳-۹- گام دهم: محاسبه مجدد نمره مقدماتی خطر	۴۵
۴-۳- متودولوژی تحقیق در روش AHP	۴۶
۴-۳-۱- اصول فرایند تحلیل سلسله مراتبی	۴۶

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۳-۴-۲- مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی.....	۴۷
۳-۴-۳- سازگاری در قضاوت ها.....	۵۰
فصل چهارم: نتایج تحقیق.....	۵۳
۴-۱- موقیت جغرافیائی.....	۵۴
۴-۲- خط مشی (اهداف) سازمان.....	۵۵
۴-۳- روش تولید سیمان در کارخانه سیمان اردبیل.....	۵۶
۴-۴- مراحل مختلف تولید سیمان.....	۵۶
۴-۴-۱- تامین مواد اولیه.....	۵۸
۴-۴-۲- سنگ شکن.....	۵۹
۴-۴-۳- سالن اختلاط اولیه (انبار خاک).....	۶۰
۴-۴-۴- سیلوهای سه گانه.....	۶۱
۴-۴-۵- آسیاب مواد خام.....	۶۲
۴-۴-۶- تنظیم مواد خام.....	۶۳
۴-۴-۷- سیلوهای مواد خام.....	۶۳
۴-۴-۸- گرم کردن مواد (پری هیتز).....	۶۴
۴-۴-۹- پخت کوره.....	۶۵
۴-۴-۱۰- خنک کن.....	۶۶
۴-۴-۱۱- انبارش کلینکر(سالن کلینکر).....	۶۷
۴-۴-۱۱-۱- سیلو صادراتی کلینکر.....	۶۷
۴-۴-۱۱-۲- سیلوی فلزی (ذخیره).....	۶۸
۴-۴-۱۲- آسیاب سیمان.....	۶۹
۴-۴-۱۳- سیلوهای سیمان.....	۶۹
۴-۴-۱۴- بارگیرخانه.....	۷۰

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۷۰	۴-۵-۱- کنترل مرکزی.....
۷۱	۴-۵-۲- آزمایشگاهها.....
۷۱	۴-۵-۲-۱- آزمایشگاه فیزیک.....
۷۱	۴-۵-۲-۲- آزمایش شیمی.....
۷۲	۴-۶-۶- ده گام برای اجرای FMEA.....
۷۲	۴-۶-۱- گام اول: بازدید فرایند.....
۷۳	۴-۶-۲- انجام گام دوم تا دهم:.....
۹۵	۴-۷-۷- شرح جدول.....
۹۵	۴-۷-۱- بخش سنگ شکن.....
۹۵	۴-۷-۲- واحد بازرسی سنگ شکن.....
۹۵	۴-۷-۳- بخش سنگ شکن.....
۹۶	۴-۷-۴- فیلتراسیون.....
۹۶	۴-۷-۵- پری هیتر.....
۹۶	۴-۷-۶- پخت کوره.....
۹۷	۴-۷-۷- تعمیرات آسیاب مواد.....
۹۷	۴-۷-۸- بخش بسته بندی بارگیری پاکتها.....
۹۷	۴-۷-۹- اتاق های اپراتور محلی.....
۹۸	۴-۷-۱۰- اپراتور کنترل مرکزی.....
۹۸	۴-۷-۱۱- اپراتورمخابرات.....
۹۸	۴-۷-۱۲- واحد HSE.....
۹۸	۴-۸- ارزیابی ریسک زیست محیطی با استفاده از روش AHP.....
۹۹	۴-۸-۱- شدت ریسک.....
۹۹	۴-۸-۲- احتمال وقوع ریسک.....



## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۰۰	۴-۸-۳- گستره تاثیر ریسک یا گستره آلودگی.....
۱۱۰	فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری.....
۱۱۱	۵-۱- نتیجه گیری.....
۱۱۶	۵-۲- مقایسه نتایج مطالعات انجام پذیرفته به مطالعات گذشته:.....
۱۱۷	۵-۳- پاسخگویی به سوالات و فرضیه‌ها تحقیق.....
۱۲۰	۵-۴- پیشنهادات.....
۱۲۰	۵-۴- پیشنهادات پژوهشی.....
۱۲۱	۵-۴- پیشنهادات کاربردی.....
۱۲۴	فهرست منابع.....

## فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۳-۱- برگه شروع انجام FMEA	۳۲
جدول ۳-۲- برگه محدوده کاری FMEA طراحی	۳۳
جدول ۳-۳- شاخص های قضاوت	۳۶
جدول شماره ۳-۴- ده گام اساسی انجام FMEA	۳۷
جدول ۳-۵- رتبه بندی شدت اثر	۴۰
جدول ۳-۶- رتبه بندی احتمال	۴۱
جدول ۳-۷- رتبه بندی کشف	۴۳
جدول ۳-۸- نمرات RPN	۴۴
جدول ۳-۹- ارزش گذاری شاخص ها نسبت به هم	۴۹
جدول ۳-۱۰- شاخص تصادفی بودن (RI)	۵۲
جدول شماره ۴-۱- برگه شروع کاری FMEA	۷۲
جدول ۴-۲- ارزیابی ریسک های بهداشتی، ایمنی و محیط زیستی به روش FMEA	۷۵
جدول ۴-۳- بازه امتیازدهی معیار شدت	۹۹
جدول ۴-۴- بازه امتیازدهی معیار احتمال وقوع	۱۰۰
جدول ۴-۵- گستره تاثیر ریسک	۱۰۰
جدول ۴-۶	۱۰۱
جدول ۴-۷- ماتریس مقایسه زوجی شاخصها یا معیارها	۱۰۲
جدول ۴-۸- مقایسه زوجی گزینه ها برحسب شاخص شدت	۱۰۲
جدول ۴-۹- مقایسه زوجی گزینه ها برحسب شاخص احتمال	۱۰۳
جدول ۴-۱۰- مقایسه زوجی گزینه ها برحسب شاخص گستره آلودگی	۱۰۴
جدول ۴-۱۱- رتبه بندی ریسک	۱۰۴
جدول ۵-۱- تعداد RPN استخراج شده از واحدها	۱۱۲
جدول ۵-۲- تجزیه و تحلیل عدد الویت ریسک	۱۱۳

## فهرست جداول

صفحه	عنوان
۱۲۱	جدول ۳-۵- پیشنهادات برای کنترل ریسک‌های بهداشتی:.....
۱۲۳	جدول ۴-۵- پیشنهادات برای کنترل ریسک‌های ایمنی:.....
۱۲۳	جدول ۵-۵- پیشنهادات برای کنترل ریسک‌های زیست محیطی:.....

## فهرست تصاویر

صفحه	عنوان
۵۷	تصویر ۴-۱- نمودار تولید سیمان.....
۵۹	تصویر ۴-۲- واحد سنگ شکن سیمان اردبیل.....
۶۰	تصویر ۴-۳- دستگاه ریزنده (استاگر).....
۶۱	تصویر ۴-۴- سیلوی سه گانه.....
۶۳	تصویر ۴-۵- آسیاب غلطکی مواد خام.....
۶۴	تصویر ۴-۶- سیلوی مواد خام.....
۶۵	تصویر ۴-۷- پری هیتر.....
۶۶	تصویر ۴-۸- کوره استوانه ای شکل.....
۶۷	تصویر ۴-۹- خنک کن.....
۶۸	تصویر ۴-۱۰- سیلوی صادراتی کلینکر.....
۶۹	تصویر ۴-۱۲- سیلوی سیمان.....

## فهرست نمودارها

صفحه	عنوان
۳۰	نمودار ۱-۳
۳۴	نمودار ۲-۳ نمایش گرافیکی فرایند تحلیل سلسله مراتبی
۱۱۴	نمودار ۱-۵ مقایسه درصد ریسک‌های ارزیابی شده اولیه و ثانویه
۱۱۵	نمودار ۲-۵ رتبه بندی گزینه های ریسک های محیط زیستی

## چکیده:

مقدمه: صنعت سیمان از جمله مهمترین کارخانه‌های تولیدی و تاثیرگذار در شکوفایی اقتصادی کشور بوده و در عین حال جزء مخاطره‌آمیزترین صنایع نیز محسوب می‌شود. فرایندهای شیمیایی تولید سیمان به دلیل ماهیت و نوع آن با مخاطرات مختلفی از جمله آلودگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیست محیطی، مشکلات ارگونومیکی و... همراه است، در نتیجه پتانسیل آسیب به انسان، تجهیزات و محیط زیست همواره وجود دارد.

هدف: در این مطالعه سعی بر آن شد تا ضمن ارزیابی و شناسایی ریسک‌های ایمنی، بهداشتی و محیط زیستی، با ارائه راهکارهایی در خصوص کنترل و پیشگیری از این مخاطرات، پتانسیل خطرزایی این صنعت را با برنامه‌ریزی، نظارت و آموزش در جهت بهبود شرایط به میزان چشمگیری کاهش دهیم.

روش پژوهش: در این راستا برای ارزیابی این ریسک از تکنیک FMEA و AHP استفاده گردید. با استفاده از این تکنیک‌ها می‌توان امکان دستیابی به ایمنی سیستم‌ها را قبل از وقوع هر حادثه‌ای به حد قابل قبولی فراهم آورد. در تکنیک FMEA تمام راههایی که منجر به شکست فرایند یا تولید می‌گردد شناسایی شد و به کمک AHP ریسک‌ها اولویت بندی گردید و ریسک‌هایی که دارای تاثیر گذاری بیشتری بر روی پروژه بودند شناسایی شد تا در نتیجه نیرو و انرژی سازمان صرف ریسک‌هایی گردد که تاثیر گذاری بالایی دارند.

یافته‌ها: در این مطالعه ۱۰۱ مورد ریسک در واحدهای سنگ شکن، بازرسی، آسیاب مواد، فیلتراسیون، پری هیتر، پخت کوره، تعمیرات، بسته‌بندی و بارگیری، اتاق‌های اپراتور، کنترل مرکزی، مخبرات و واحد HSE کارخانه سیمان اردبیل ارزیابی و طبقه‌بندی شد. عمده اثرات منفی در بخش فیزیکی شامل صدا، روشنایی، ارتعاش، میدان مغناطیسی و خطرات الکتریکی بود. ریسک‌های شناخته شده در بخش شیمیایی شامل گردوغبار خصوصاً سیلیس و بیماریهای تنفسی ناشی از آن، وجود گازهای سمی و فلزات سنگین مثل کروم و اثرات زیست محیطی ناشی از آن، مشکلات ارگونومیکی، استرس روانی، استرس سرمایی با توجه به کوهستانی بودن منطقه، استرس گرمایی ناشی از فرایند کار همچنین خطرات بیولوژیکی و در نهایت عوامل مکانیکی که می‌تواند در برخورد با تجهیزات منجر به حوادث شغلی و.. گردد، از جمله مخاطراتی بود که ارزیابی شد.

نتیجه‌گیری: بررسی نتایج این مطالعه نشان می‌دهد شاغلین در بخش‌های مختلف کارخانه در معرض ریسک‌های متعددی قرار دارند و محیط زیست منطقه نیز از این عوامل متاثر می‌باشد. با انجام اقدامات فنی - مهندسی و اتخاذ راهکارهای جامع مدیریت HSE از جمله تغییر در فرایند کار، تعویض قطعات و ماشین‌آلات مستعمل، نصب سیستم‌های بازیافت، سیستم هشدار دهنده و پاسخگو، مکانیزه نمودن فعالیت‌ها با استانداردهای روز دنیا، حفاظ - گذاری، اجرای دستورالعمل‌ها و برنامه‌های مدون آموزشی می‌توان به میزان زیادی آثار منفی آن را کاهش داد.

واژگان کلیدی: FMEA ، AHP ، ارزیابی ریسک، سیمان اردبیل

# فصل اول

## کلیات تحقیق



انقلاب صنعتی، مهمترین رویدادی است که باعث شکل گرفتن ایمنی صنعتی شد. تا پیش از انقلاب صنعتی، خانواده ها معمولاً در مزرعه کار می کردند و یا یک حرفه خانگی را به یاری یکدیگر انجام می دادند. انقلاب صنعتی، دگرگونی های فراوان در محیط های کار پدید آورد، مانند:

- تمرکز ماشین آلات زیاد و پرسرعت در محیط های محدود.

- افزایش قدرت ماشین آلات و پیچیدگی کار با آنها، کمبود آموزش و آشنایی در پاره ای موارد در کار با ماشین آلات به ویژه ماشین آلات سنگین.

- نبود آگاهی کافی از شرایط حادثه ساز و اثرات سوء ناشی از آلودگی ها و شیوه پیشگیری از آن.

- غیر ضروری دانستن صرف هزینه و سرمایه گذاری برای تحقیقات حفاظتی و تنظیم و اجرای برنامه های ایمنی (ارقامی، پویا، ۱۳۸۴).

هرچند که انتظار می رفت که در دهه های اخیر با درنوردیده شدن مرزهای علوم و دستیابی به فن آوری های مدرن، روز به روز از درد ورنج های انسان نیز کاسته می شود ولی کم توجهی به اصول اولیه و اساسی توسعه پایدار باعث شد که هنوز هم روزانه هزاران نفر در محیط های کار، زندگی، راه، تفریح و ... جان خود را از دست بدهد، حجم عظیمی از دارایی های سخت افزاری از بین برود، صدمات جبران ناپذیری بر محیط زیست وارد گردد، اعتبار چندین ساله سازمانها و حتی گاه دولتها دچار خدشه گردد، تاسف زمانی بیشتر می شود که اینگونه خسارات عمدتاً در کشورهایی به وقوع می پیوندد که ظاهراً شتابان در مسیرهای توسعه گام می دارند و کشور ایران نیز از زمره همین کشورها است.

تعاریف زیادی برای ریسک وجود دارد، تعریف رایج در ایمنی و بهداشت یک مفهوم کمی دارد یعنی ریسک حاصل ضرب فراوانی و شدت خسارات احتمالی است. فراوانی احتمال وقوع می باشد مثلاً یک بار در هفته، یک بار در سال یکبار در ۱۰۰ سال و شدت، پتانسیل زیان ناشی از وقوع است. زیان ممکن است انسانی ( مرگ، صدمات شدید، سرطان)، مالی، و قانونی ( دادخواهی ) باشد (محمد فام، ۱۳۸۹).