فصلنامه علمی تخصصی طب کار
دوره پنجم/ شماره چهارم/ زمستان ۹۲/ ٤١- ۳۳

ارزیابی ریسک مواجهه شغلی با مواد شیمیایی به منظور ارائه راهکارهای کنترلی (مطالعه موردی در یک صنعت فوم پلی اورتان)

محمد جهانگیری[۱]، مهدی جلالی[۱*]، چیمن سعیدی[۱]، حسن محمدپور[۲]، حسین مردی[۳]، جمال مهرعلی‌پور[٤]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی همدان
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی کرمان
٤. دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی همدان

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۰۵ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۵/۱٦

چکیده

مقدمه: فرآیند تولید فوم از جمله صنایعی است که در آن افراد با مواد شیمیایی گوناگونی مواجهه دارند. هدف از انجام این مطالعه ارزیابی ریسک مواجهه شغلی با مواد شیمیایی در یک صنعت فوم‌سازی به منظور تعیین مشاغل پر خطر و ارائه راهکارهایی در جهت کاهش ریسک مشاغل مورد بررسی می‌باشد.

روش بررسی: این مطالعه به صورت مقطعی و در یکی از صنایع تولید فوم پلی اورتان در سال۱۳۹۱ انجام پذیرفت. جمعاً ۱۳ نفر به ترتیب در مشاغل اپراتوری میکسر (٤ نفر)، اپراتوری کاتر (٦ نفر) و تعمیرات (۳ نفر) مورد بررسی قرار گرفتند. به منظور ارزیابی ریسک بهداشتی مواد شیمیایی از روش ارائه شده توسط انستیتو ایمنی و بهداشت شغلی سنگاپور استفاده گردید. برای این منظور ابتدا وظایف شغلی و فرآیندهای شغلی تعیین و درجه خطر و درجه مواجهه کارکنان با هر یک از مواد شیمیایی شناسایی شده تعیین گردید. در نهایت با تعامل این دو پارامتر در فرمول نهایی، سطوح ریسک برای هر یک از مواد به دست آمد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد کارکنان تحت بررسی در این مطالعه با ۷ ماده شیمیایی شامل تولوئن دی ایزو سیانات، پلی اتیلن گلیکول، پلی پروپیلن گلیکول، اتیلن دی آمین، استات قطع (کاسموس)، متیلن کلراید و کلسیم کربنات در تماس می‌باشند. از بین موارد ذکر شده بالاترین ریسک را تولوئن دی ایزوسیانات در شغل اپراتورهای تولید فوم (اپراتوری کاتر) به خود اختصاص داد (risk= ۳/٦۷).

نتیجه‌گیری: کارکنان شاغل در سالن تولید به میزان بالایی در مواجهه با بخارات سمی تولوئن دی ایزوسیانات قرار داشته و این امر باعث ایجاد تغییرات در پارامترهای اسپیرومتری آنان به ویژه کاهش در FEV1 و FVC گردیده است. استفاده از سیستم تهویه مناسب، نگهداری مطلوب تجهیزات به منظور جلوگیری از ایجاد نشتی در اتصالات و کاهش ساعت مواجهه افراد به عنوان راهکارهای کنترلی پیشنهاد می‌گردد.

کلید واژه‌ها: ارزیابی ریسک شیمیایی، صنایع تولید فوم پلی اورتان، مواجهه شغلی، تولوئن دی ایزوسیانات

* نویسنده مسئول: آدرس پستی: همدان، دانشگاه علوم پزشکی همدان، دانشکده بهداشت، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، کمیته تحقیقات دانشجویی
تلفن: ۰۸۱۱۸۲٦۰٦٦۱، پست الکترونیکی: m.jalali@umsha.ac.ir

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-07-01]

مقدمه

افراد در طی زندگی و به ویژه در محیط‌های کاری خود با مواد شیمیایی گوناگونی مواجه می‌باشند(۱). برخی از این مواد شیمیایی دارای خطرهای بهداشتی بالقوه زیادی برای سلامتی بوده و مواجهه با آنها می‌تواند باعث ایجاد اثرات مختلفی بر روی سلامتی کارگران گردد. اثرات بهداشتی ناشی از مواجهه با این مواد شیمیایی را می‌توان در سه گروه اثرات حاد یا مزمن، اثرات سیستمیک یا موضعی و اثرات برگشت‌پذیر و غیرقابل‌برگشت طبقه‌بندی نمود(۲). این خطرات به طور ویژه مربوط به تولید و استفاده از مواد شیمیایی در فرآیندهای مختلف می‌باشد(۳). برای اجتناب از ایجاد عوارض مضر ناشی از این مواد شیمیایی، رعایت اصول احتیاطی و اقدامات کنترلی در هنگام کار با آنها دارای اهمیت فراوان می‌باشد(٤).

به منظور دستیابی به اهداف بهداشتی در جهت صیانت از نیروی کار، لازم است که مواجهه افراد با مواد شیمیایی و ریسک‌های ناشی از این مواد مورد بررسی قرار گیرد(۵). برای تصمیم‌گیری در مورد اقدامات کنترلی و حفاظت کارکنان در برابر عوارض سوء ناشی از مواد شیمیایی، لازم است ریسک‌های بهداشتی ناشی از مواجهه با این مواد به طور اختصاصی مورد ارزیابی قرار گیرد(٤).

کلید و راه‌حل اصلی برای ارزیابی ریسک‌های مرتبط با مواجهه‌های شغلی و محیطی با مواد شیمیایی فرایند ارزیابی ریسک می‌باشد(٦). ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه با مواد شیمیایی و سمی باعث تعیین سطوح ریسک این مواد می‌گردد، همچنین ما را قادر به اتخاذ تصمیم‌گیری‌های مناسب برای انجام اقدامات مورد نیاز برای محافظت افراد می‌نماید(۷). بدون انجام ارزیابی ریسک، ممکن است زمان و منابع صرف خطرات کم اهمیت‌تر شده و از مخاطرات مهم و قابل توجه غفلت گردد(٤).

صنایع فوم، از جمله صنایعی است که در پروسه تولید آن، مواد شیمیایی گوناگونی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مواد عبارتند از: تولوئن دی ایزوسیانات، پلی اتیلن، متیلن کلراید، کلسیم کربنات، سیلیکون و استانوس اکتانات(۸).

محصول نهایی این صنایع، فوم پلی اورتان می‌باشد. پلی اورتان از مهمترین گروه‌های پلیمری تجاری است که از طریق واکنش TDI (Toluene Diisocyanate) با پلی اُل در حضور کاتالیزورها (مانند تری آمین و ترکیبات فلزی معدنی) و سیلیکون تولید می‌گردد(۹). طبق گزارشات صورت گرفته حدود ٤ میلیون تن از موادی مثل TDI و (Methylene Biphenyl Diisocyanate) MDI به صورت سالانه در صنایع فوم جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد(۱۰). در طول پروسه تولید فوم TDI و دی متیل آمین آزاد شده و در نتیجه موجب مواجهه نیروی کار می‌گردد(۹).

با توجه به اینکه کارگران شاغل در صنایع فوم با مواد گوناگونی در تماس هستند و همچنین به نظر می‌رسد تا به حال مطالعه‌ای در زمینه بررسی ریسک بهداشتی این مواد در داخل کشور انجام نشده است، پرداختن به این موضوع از طریق انجام فرآیند ارزیابی ریسک در جهت شناسایی و محاسبه ریسک هر یک از مواد به منظور اولویت‌بندی پیاده‌سازی اقدامات کنترلی امری مهم و ضروری به نظر می‌رسد. هدف از انجام این مطالعه، ارزیابی ریسک مواجهه شغلی با مواد شیمیایی در یکی از صنایع تولید فوم پلی اورتان به منظور محاسبه ریسک مواد شیمیایی موجود در جهت ارائه راهکارهای کنترلی ساده و کاربردی می‌باشد.

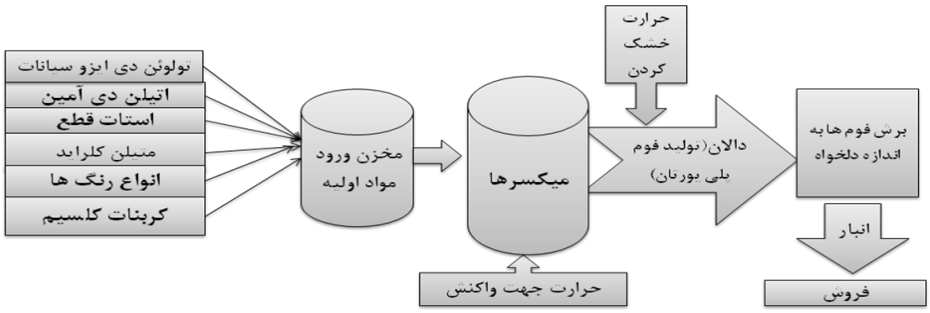
روش بررسی

نوع مطالعه مقطعی بود که بر روی افراد شاغل در یک صنعت فوم پلی اورتان در سال ۱۳۹۱ انجام شد. شکل ۱ فرآیند تولید فوم را در کارخانه از مرحله ورود مواد اولیه به مخازن تا لحظه تولید فوم‌ها، نشان می‌دهد. نحوه انتخاب نمونه‌ها به صورت سرشماری و شامل کلیه

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-07-01]

افرادی بود که در سالن تولید مشغول به انجام وظیفه بودند. در این سالن جمعاً ۱۳ نفر به ترتیب در مشاغل اپراتوری میکسر (٤ نفر)، اپراتوری کاتر (٦ نفر) و تعمیرات (۳ نفر) فعالیت داشتند. از جمله وظایف آنان می‌توان به نظارت بر برش صحیح ورقه‌های فوم تولیدی، جمع‌آوری فوم‌های تولیدی و ضایعات آن و انتقال ورقه‌های فومی به انبار اشاره نمود. در مرحله بعد بیشترین مواجهه مربوط به اپراتوری میکسر (۲۷ ساعت در هفته) بود.

شکل ۱-پروسه تولید فوم پلی اورتان در کارگاه مورد مطالعه



از جمله وظایف آنان می‌توان به حمل و تخلیه مواد شیمیایی لازم برای تولید فوم به داخل مخزن، تنظیم میکسرها، تنظیم حرارت میکسرها و ورود و خروج بشکه‌های مواد شیمیایی به داخل و خارج سالن تولید اشاره نمود. شغل تعمیرات و نگهداری نیز در مرحله بعد مواجهه (۱۸ ساعت در هفته) قرار گرفت. از وظایف شاغلین این قسمت می‌توان به سرکشی دستگاه‌های موجود در سالن تولید و بررسی صحت در کارکردشان اشاره نمود.

در این مطالعه به منظور ارزیابی ریسک مواجهه افراد با عوامل زیان‌آور شیمیایی، از روش ارائه شده توسط دپارتمان بهداشت حرفه‌ای سنگاپور استفاده گردید(۷). برای انجام این مطالعه ابتدا نسبت به تشکیل یک گروه کاری متشکل از سرپرست واحد مورد بررسی، نماینده کارکنان، نماینده کارفرما و متخصص بهداشت حرفه‌ای و ایمنی اقدام شد.

در مرحله بعد کلیه مشاغل کارکنان در واحد مورد بررسی فهرست گردیده و وظایف هر شغل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سپس تمامی مواد شیمیایی (اعم از مواد خام، مواد واسطه، محصولات اصلی و محصولات جانبی) که در طی فرآیند کاری مصرف یا تولید می‌شدند، صرف نظر از اینکه در مورد آنها اقدامات کنترلی انجام می‌شود، از طریق بررسی فرآیند، مطالعه نقشه‌های فرآیندی نظیر نقشه سایت، PFD (Process Flow Diagram) و p&ID (Piping and Instrumentation Design)، بررسی واکنش‌های شیمیایی، برگه‌های اطلاعات ایمنی مواد (MSDS)، برچسب ظروف مواد شیمیایی، بازرسی از سایت و کلیه محل‌هایی که مواد شیمیایی مصرف یا انبار می‌شوند مشخص گردید. پس از شناسایی مواد شیمیایی مورد استفاده در فرآیند تولید، به تعیین درجه خطر هر کدام از مواد شناسایی شده اقدام گردید.

تعیین درجه خطر (Hazard Rate)

طبق روش ارائه شده توسط دپارتمان بهداشت حرفه‌ای سنگاپور، درجه خطر را می‌توان با توجه به اثرات سمی مواد شیمیایی و یا از طریق دوز کشنده (LD50)(Lethal Dose 50) و غلظت کشنده (LC50)(Lethal Concentration 50) مواد شیمیایی و به صورتی که در روش توصیه شده از سوی این دپارتمان ارائه شده به دست آورد. در این مطالعه اطلاعات مورد نیاز از طریق شناسنامه ایمنی مواد شیمیایی به دست آمده و بزرگترین عدد به عنوان مبنای درجه مواجهه در نظر

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-07-01]

گرفته شد و برای تک تک مواد شناسایی شده ثبت گردید. در مرحله بعد اقدام به تعیین درجه مواجهه مواد شناسایی شده گردید.

تعیین درجه مواجهه (Exposure Rate)

طبق راهنمای ارائه شده توسط دپارتمان بهداشت حرفه‌ای سنگاپور، درجه مواجهه را می‌توان با استفاده از اطلاعات موجود در رابطه با اندازه‌گیری غلظت مواد شیمیایی موجود (نتایج پایش هوا) و یا با استفاده از جدول ارائه شده در این راهنما به دست آورد. در این مطالعه به دلیل عدم وجود نتایج اندازه‌گیری غلظت مواد شیمیایی، از جدول ارائه شده توسط راهنما استفاده گردید و درجه مواجهه با استفاده از جدول تعیین شاخص مواجهه (Exposure Index) برای هر یک از مواد مربوطه به دست آمده و ثبت گردید.

تعیین سطح ریسک (Risk Level)

در مرحله بعد نمره ریسک یا سطح ریسک با توجه به درجه خطر ماده شیمیایی (HR) و درجه مواجهه (ER) و با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$\text{Risk Level} = (HR + ER)^{1/2}$$

رتبه‌بندی ریسک (Risk Rating)

پس از مشخص شدن نمره ریسک برای هر یک از مواد مورد بررسی، برای رتبه‌بندی هر یک از مواد به منظور طراحی اقدامات کنترلی، رتبه‌بندی ریسک با استفاده از جدول رتبه ریسک به دست آمد (جدول ۱).

جدول ۱- رتبه‌بندی ریسک

نمره ریسک	رتبه ریسک
۰ –۱/۷	ناچیز
۱/۷ – ۲/۸	کم
۲/۸ – ۳/۵	متوسط
۳/۵ – ٤/۵	زیاد
٤/۵ – ۵	خیلی زیاد

در نهایت اقدامات لازم برای کنترل و کاهش ریسک به سطح قابل قبول از طریق حذف مواد خطرناک از محیط کار، جایگزینی مواد شیمیایی با یک ماده شیمیایی کم خطر، اقدامات مدیریتی مثل گردش کاری، محدود کردن میزان مواجهه و استفاده از لباس‌ها و تجهیزات حفاظت فردی انجام شد.

تعیین اثرات بهداشتی در افراد مورد مطالعه

به منظور تعیین اثرات بهداشتی ایجاد شده در شاغلین مورد بررسی و ارتباط آن با مواد شیمیایی موجود، پرونده‌های بهداشتی شاغلین مورد بررسی قرار گرفت و پارامترهای اسپیرومتری آنان شامل (Forced FVC ، Expiratory Volume In 1 Second) FEV1 (Forced Vital Capacity) و VC (Vital Capacity) و تظاهرات تنفسی از جمله سرفه، خس خس سینه، سوزش مجاری تنفسی و سوزش چشم از آنان استخراج شد. در نهایت داده‌های مورد مطالعه جمع‌بندی و با استفاده از نرم‌افزار spss ویرایش ۱٦ و آزمون همبستگی پیرسون در سطح خطای ۱٪ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

یافته‌ها

در واحد مورد مطالعه جمعاً ۱۳ نفر به ترتیب در مشاغل اپراتوری میکسر (٤ نفر)، اپراتوری کاتر (٦ نفر) و تعمیرات (۳ نفر) فعالیت داشتند. بیشترین مدت مواجهه در محل مربوط به اپراتوری کاتر (۳٦ ساعت در هفته) بود.

در جدول ۲ درجه خطر، درجه مواجهه و رتبه ریسک مواجهه با عوامل شیمیایی در مشاغل مورد بررسی ارائه گردیده است. همانگونه که مشخص است بیشترین میزان رتبه ریسک را تولوئن دی ایزو سیانات در هر سه شغل به خود اختصاص داد که در شغل اپراتوری کاتر مقدار آن بیشتر از بقیه بود. همچنین کمترین رتبه ریسک مربوط به استات قلع در مشاغل مورد بررسی به دست آمد.

خصوصیات دموگرافیکی و نتایج استخراج شده از پرونده‌های پزشکی شاغلین مورد بررسی در رابطه با پارامترهای اسپیرومتری آنان در جدول ۳ ارائه گردیده است.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-07-01]

جدول۲- درجه خطر، درجه مواجهه، نمره ریسک و رتبه ریسک مواد شیمیایی شناسایی شده در مشاغل مورد مطالعه

نام ماده	اپراتوری کاتر				اپراتوری میکسر				تعمیرات و نگهداری			
	درجه خطر	درجه مواجهه	نمره ریسک	رتبه ریسک	درجه خطر	درجه مواجهه	نمره ریسک	رتبه ریسک	درجه خطر	درجه مواجهه	نمره ریسک	رتبه ریسک
تولوئن دی ایزوسیانات	۳	٤/٥	۳/٦۷	زیاد	۳	٤/۲	۳/٥٥	زیاد	۳	۳/۸	۳/۳۷	متوسط
متیلن کلراید	۳	۳/٦	۳/۳	متوسط	۳	۳/٤۳	۳/۲	متوسط	۳	۳/۲٤	۳/۱۲	متوسط
پلی پروپیلن گلیکول	۳	۳/۱۷	۳/۰۸	متوسط	۳	۳/۰۳	۳/۰۱	متوسط	۳	۲/۸٦	۲/۹۳	متوسط
اتیلن دی آمین	۲	۳/۷۲	۲/۷۳	متوسط	۲	۳/٥٦	۲/٦۷	کم	۲	۳/۳٦	۲/٥۹	کم
پلی اتیلن گلیکول	۲	۳/٥۹	۲/٦۸	کم	۲	۳/٤٤	۲/٦۲	کم	۲	۳/۲٤	۲/٥٤	کم
کلسیم کربنات	۱	۳/٤۳	۱/۸٥	کم	۱	۳/٤۳	۱/۸۱	کم	۱	۳/۱	۱/۷٦	ناچیز
استات قلع	۱	۳/۱	۱/۸	کم	۱	۳/۰٥	۱/۸	کم	۱	۲/۸٦	۱/٦۹	ناچیز

جدول ۳- خصوصیات دموگرافیکی، پارامترهای اسپیرومتری و ارتباط آنها با یکدیگر در افراد مورد مطالعه

گروه شغلی		تعداد	میانگین	حداقل	حداکثر	r (Pvalue)*	r (Pvalue)**
	سن	٦	٤٦/٥	۳۲	٦۹	–	–
	سابقه کار	٦	۱۰/۳	٤	۱۷	–	–
اپراتوری کاتر	VC	٦	۸۰/۸	٥۹	۹٤	- ۰/٦٤٥ (۰/۰۱۷)	- ۰/۲۸۸ (۰/۳٤۱)
	FVC	٦	۷۷/٥	٦۳	۸٤	- ۰/۸۲٤ (۰/۰۰۱)	- ۰/۳۷٥ (۰/۲۰۷)
	FEV1	٦	۷٦/۳	٦۲	۹۷	- ۰/۷۱۸ (۰/۰۰٦)	- ۰/۱۷۲ (۰/٥۷۸)
	سن	٤	٤٤/۲	۳۸	٥۳	–	–
	سابقه کار	٤	۸/٥	٥	۱۲	–	–
اپراتوری میکسر	VC	٤	۷۸/۲	۷۰	۹٥	- ۰/٦٤٥ (۰/۰۱۷)	- ۰/۲۸۸ (۰/۳٤۱)
	FVC	٤	۸٤/۷	٦۷	۱۰۰	- ۰/۸۲٤ (۰/۰۰۱)	- ۰/۳۷٥ (۰/۲۰۷)
	FEV1	٤	۸۸	٦۹	۱۰۳	- ۰/۷۱۸ (۰/۰۰٦)	- ۰/۱۷۲ (۰/٥۷۸)
	سن	۳	۳٤/٦	۳۳	۳٦	–	–
	سابقه کار	۳	٥	٤	۷	–	–
تعمیرات و نگهداری	VC	۳	۹۳/٦	۸٤	۱۰۲	- ۰/٦٤٥ (۰/۰۱۷)	- ۰/۲۸۸ (۰/۳٤۱)
	FVC	۳	۹۲/٦	۸٤	۱۰۱	- ۰/۸۲٤ (۰/۰۰۱)	- ۰/۳۷٥ (۰/۲۰۷)
	FEV1	۳	۹٤	۸٤	۱۱٤	- ۰/۷۱۸ (۰/۰۰٦)	- ۰/۱۷۲ (۰/٥۷۸)

* همبستگی پیرسون با سطح اطمینان ۹۹٪ بین پارامترهای تنفسی و سابقه کار در مجموع ۳ گروه شغلی

** همبستگی پیرسون با سطح اطمینان ۹۹٪ بین پارامترهای تنفسی و سن در مجموع ۳ گروه شغلی

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-07-01]

نتایج نشان می‌دهد میانگین پارامترهای FVC و FEV1 در افراد شغل اپراتوری کاتر نسبت به ۲ شغل دیگر در پایین‌ترین سطح و این پارامترها در شغل اپراتوری میکسر در رتبه بعدی قرار دارد.

همچنین بر اساس معیارهای ارائه شده از سوی انجمن متخصصین ریه آمریکا (American Thoracic Society) تغییرات در این پارامترها در ٤ نفر از شاغلین در اپراتوری کاتر (۳ نفر) و اپراتوری میکسر (۱ نفر)، نشان دهنده وجود عارضه ریوی در آنان می‌باشد.

نتایج حاصل از آزمون آماری، همبستگی بالای سابقه کار با پارامترهای تنفسی را به صورت معکوس نشان می‌دهد. یعنی با افزایش سابقه کار میزان این پارامترها در کلیه افراد کاهش قابل توجهی نشان می‌دهد که این میزان کاهش از لحاظ آماری معنادار می‌باشد. همچنین نتایج نشان می‌دهد همبستگی بسیار ضعیفی بین این پارامترها و سن افراد به صورت معکوس وجود دارد که این میزان همبستگی از لحاظ آماری معنادار نمی‌باشد (جدول ۳).

طی معاینات انجام پذیرفته توسط پزشک، تظاهراتی مانند سرفه، خس‌خس سینه و سوزش مجاری تنفسی در این ٤ نفر مشاهده شد. همچنین کلیه افراد مشاغل مورد بررسی، در سطوح مختلفی از سوزش چشم و خشکی پوست ابراز ناراحتی می‌کردند.

بحث

افراد مورد مطالعه در طول فعالیت کاری خود در سالن تولید کارگاه تولید فوم با ۷ ماده شیمیایی تولوئن دی ایزوسیانات، پلی اتیلن گلیکول، پلی پروپیلن گلیکول، اتیلن دی آمین، استات قلع (کاسموس)، متیلن کلراید و کلسیم کربنات مواجه دارند. از بین این مواد رتبه ریسک تولوئن دی ایزوسیانات در دو شغل اپراتوری کاتر و اپراتوری میکسر زیاد و در شغل تعمیرات و نگهداری در رتبه متوسط قرار دارد که علت آن را می‌توان به نحوه فعالیت افراد در سالن تولید مربوط دانست به نحوی که شاغلین شغل اپراتوری کاتر با میزان ۳٦ ساعت کار در هفته در سالن تولید و اپراتوری میکسر با ۲۷ ساعت کار در هفته در سالن تولید مدت مواجهه بالاتری را نسبت به شغل تعمیرات و نگهداری که به طور متوسط فقط ۱۸ ساعت در هفته داخل سالن تولید مشغول به کار است دارا می‌باشند.

با توجه به موارد ذکر شده و با توجه به سمیت متوسط تولوئن دی ایزوسیانات (درجه خطر ۳) و از طرفی بالا بودن درجه مواجهه (٤/٥)، برای کاهش ریسک بهداشتی این ماده می‌توان از طریق کاهش درجه مواجه اقدام نمود. به این صورت که با افزایش اقدامات کنترلی مانند طراحی سیستم تهویه مناسب و استفاده از وسایل حفاظت فردی به طور منظم و همچنین کاهش زمان مواجهه از ۳٦ ساعت به کمتر از ۲٤ ساعت می‌توان شاخص مواجهه را از ٤/٥ به ۳/۲٥ کاهش داد و متعاقب آن نمره ریسک تولوئن دی ایزوسیانات کمتر از ۳/۲ شده و در رتبه متوسط قرار خواهد گرفت. همچنین در مرحله بعد با حذف یا جایگزین کردن این ماده با موادی کم خطر می‌توان با کاهش درجه خطر نمره ریسک را کاهش داد اما از لحاظ تولید این امر ممکن نبوده و هنوز ماده‌ای مناسب برای این منظور ارائه نگردیده است. با اینکه در مطالعات انجام گرفته توسط برخی محققین، تولید فوم بدون استفاده از تولوئن دی ایزوسیانات مد نظر قرار گرفته است که هنوز به مرحله کاربردی و تجاری نرسیده است(۱۳-۱۱). با توجه به این نتایج مشخص می‌شود که استفاده از این روش ارزیابی ریسک به نحو مطلوبی می‌تواند ریسک‌های موجود را رتبه‌بندی و بر اساس آن اقدامات کنترلی لازم را ارائه نماید.

این نتایج منطبق با مطالعه Jahangiri و همکاران می‌باشد که در یک صنعت پتروشیمی انجام پذیرفت. در مطالعه آنها نیز استفاده از این روش ارزیابی ریسک برای اولویت‌بندی اقدامات کنترلی مناسب بیان گردیده بود و آنها نیز بر اساس نتایج به دست آمده توانستند اقدامات کنترلی مورد نیاز را ارائه نمایند(٤). همچنین در مطالعه‌ای که توسط Golbabaie و همکاران انجام گردید با استفاده

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-07-01]

از این روش مخاطره‌آمیزترین مواد شیمیایی شناسایی شد و پیشنهاد داده شد که برای آنان راهکارهای کنترلی مناسب در اسرع وقت انجام گیرد(۱۷).

از دیگر اهداف این مطالعه بررسی عوارض ایجاد شده در افراد شاغل مورد مطالعه بود. همانگونه که مشخص شد میانگین پارامترهای FVC و FEV1 در شغل اپراتوری کاتر در کمترین مقدار قرار داشت که نیمی از این افراد (۳ نفر) دارای عارضه ریوی بودند. در شغل اپراتوری میکسر نیز یک نفر مبتلا به عارضه ریوی تشخیص داده شد. بررسی ارتباط پارامترهای اسپیرومتری مورد بررسی با سابقه کار، همبستگی بالای این متغیرها را با یکدیگر نشان داد که این همبستگی از لحاظ آماری نیز معنادار بود. با توجه به اینکه تولوئن دی ایزوسیانات به عنوان یک محرک دستگاه تنفسی و ایجادکننده آسم شناخته شده است می‌توان دلیل ایجاد این عوارض را توجیه نمود. این نتایج منطبق با دیگر مطالعاتی است که در آنها به ظرفیت‌های تنفسی افراد شاغل در صنایع فوم پرداخته شده است. در مطالعه Vandenplas و همکاران کاهش معناداری در پارامترهای FVC و FEV1 بین افراد مواجهه یافته با پلی‌مرهای ایزوسیانات مشاهده شده بود(۱۸). همچنین در مطالعه Mortasavi و همکاران نیز مشخص شده بود که با افزایش سابقه کار و افزایش مدت زمان مواجهه ظرفیت‌های تنفسی کارگران شاغل در صنایع فوم سیر نزولی پیدا خواهد کرد(۱۹).

دیگر مطالعات وسیع انجام گرفته در سطح دنیا نیز، ایجاد علائمی مانند سرفه، خس خس سینه، سوزش راه‌های تنفسی، سوزش چشم و خشکی پوست و همچنین بیماری‌های تنفسی مانند آسم در کارکنان شاغل در صنایع فوم‌سازی و همچنین افراد مواجهه یافته با تولوئن دی ایزوسیانات را تأیید می‌نمایند(۱۷،۲۰-۱٤).

نتیجه‌گیری

در نهایت این مطالعه با توجه به نتایج به دست آمده از ارزیابی ریسک صورت گرفته نکات زیر را به منظور کاهش ریسک بهداشتی افراد شاغل در این صنعت ارائه می‌نماید:

۱- کاهش مدت زمان مواجهه با به کارگیری رویه‌های مدیریتی مانند گردش کاری بین افراد شاغل درون سالن تولید و شاغلین بیرون از سالن

۲- چون در این سالن قسمت اعظم بخارات موجود ناشی از نشتی لوله و اتصالات میکسرها و مخازن می‌باشد، با رفع این نشتی‌ها و سرویس منظم دستگاه‌ها و اتصالات آن می‌توان تا حد زیادی از ورود بخارات سمی به محیط سالن جلوگیری نمود.

۳- به علت اینکه پس از شارژ مخازن انجام فرآیند نیازی به اپراتور ندارد بهتر است مخازن مربوطه از طریق محصورسازی از بقیه قسمت‌های سالن مجزا گردند.

٤- با نصب یک هود محصورکننده مناسب روی قسمت میکسرها می‌توان از خروج بخارات منتشره از میکسر به داخل سالن تولید جلوگیری نمود.

۵- قسمت دالان که محل خشک کردن اولیه فوم‌هاست دارای بیشترین میزان بخارات منتشره از فوم‌ها می‌باشد. با نصب سیستم تهویه در این قسمت و ایجاد فشار منفی در دالان می‌توان مانع از خروج بخارات به سالن و مواجهه افراد شد.

٦- در معاینات بدواستخدام کارگران می‌باید دقت شود تا کارگرانی که مشکل تنفسی دارند به هیچ عنوان در سالن تولید به کار گمارده نشوند.

۷- استفاده از وسایل حفاظتی مناسب به ویژه ماسک مخصوص (ماسک با فیلتر مخصوص برای بخارات آلی) می‌تواند تا حد زیادی باعث کاهش مواجهه شاغلین گردد.

تقدیر و تشکر

محققین از مدیریت محترم صنعت مورد مطالعه و به خصوص جناب آقای مهندس یاوری مسئول محترم ایمنی و بهداشت شرکت و همچنین کلیه پرسنل زحمتکش شرکت به خاطر مساعدت و همکاری برای انجام این تحقیق مراتب قدردانی خود را اعلام می‌دارند.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-07-01]

منابع

1. Schenk L, Hansson SO, Rudan C, Gilek M. Occupational exposure limits: A comparative study. Regulatory toxicology and pharmacology. 2008; 50(2): 261-70.
2. Herber RFM, Duffus JH, Christensen JM, Olsen E, Park MV. Risk assessment for occupational exposure to chemicals. A review of current methodology. Pure and Applied Chemistry. 2001; 73(6): 993-1031.
3. Money CD, Margary SA. Improved use of workplace exposure data in the regulatory risk assessment of chemicals within Europe. Annals of Occupational Hygiene. 2002; 46(3): 279-85.
4. Jahangiri M, parsarad M. Health risk assessment of harmful chemicals: case study in a petrochemical industry iran occupational risk. 2011; 7(4): 18-24. [Persian]
5. Fromme H, Albrecht M, Angerer J, Drexler H, Gruber L, Schlummer M, et al. Integrated Exposure Assessment Survey (INES): exposure to persistent and bioaccumulative chemicals in Bavaria, Germany. International journal of hygiene and environmental health. 2007; 210(3): 345-9.
6. Seeley MR, Tonner-Navarro LE, Beck BD, Deskin R, Feron VJ, Johanson G, et al. Procedures for health risk assessment in Europe. Regulatory toxicology and pharmacology. 2001; 34(2): 153-69.
7. OS&HD. A Semi-Quantitative Method to Assess Occupational Exposure to Harmful Chemicals. singapor: ministry of manpower; 2005: 3-35
8. Inem V, Onubeze DPM, Osiji CU. Toluene diisocyanate-linked ocupational airflow obstruction and peak expiratory flow rate patterns among foam makers. African Journal of Respiratory Medicine. 2010; 5: 12-6.
9. Butcher BT, Salvaggio JE, Weill H, Ziskind MM. Toluene diisocyanate (TDI) pulmonary disease: immunologic and inhalation challenge studies. Journal of allergy and clinical immunology. 1976; 58(1): 89-100.
10. Lindberg HK, Korpi A, Santonen T, Sakkinen K, Jarvela M, Tornaeus J, et al. Micronuclei, hemoglobin adducts and respiratory tract irritation in mice after inhalation of toluene diisocyanate (TDI) and 4, 4-methylenediphenyl diisocyanate (MDI). Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis. 2011; 723(1): 1-10.
11. EPA. Toluene Diisocyanate (TDI) And Related Compounds Action Plan [RIN 2070-ZA14] USA: U.S. Environmental Protection Agency; 2011; 1-16
12. Figovsky O, Shapovalov L, Leykin A, Birukova O, Potashnikova R. Progress in elaboration of nonisocyanate polyurethanes based on cyclic carbonates. International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy Selected full texts. 2012; 3: 52-66.
13. Javni I, Hong DP, Petrovia ZS. Soya-based polyurethanes by nonisocyanate route. Journal of Applied Polymer Science. 2008; 108(6): 3867-75.
14. Collins MA, Schupp T. Toluene diisocyanate (TDI) airway effects and dose-responses in different animal models. EXCLI Journal. 2012; 11: 416-35
15. Geens T, Dugardin S, Schockaert A, De Cooman G, van Sprundel M. Air exposure assessment of TDI and biological monitoring of TDA in urine in workers in polyurethane foam industry. Occupational and environmental medicine. 2012; 69(2): 93-8.
16. Sun LZ. Toluene diisocyanate (TDI)-induced asthma: Inflammatory and immunological responses to TDI, ovalbumin (OVA) and ovalbumin peptide OVA 323-339 in mouse models [PhD thesis]. Bergen: The University of Bergen; 2012.
17. Golbabaie F, Eskandari D, Azari M, Jahangiri M, Rahimi A, Shahtaheri J. Health risk assessment of chemical pollutants in a petrochemical complex. Iran Occupational Health. 2012; 9(3):11-21. [Persian]

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-07-01]

18. Vandenplas O, Malo JL, Dugas M, Cartier A, Desjardins A, Levesque J, et al. Hypersensitivity pneumonitis - like reaction among workers exposed to diphenylmethane diisocyanate (MDI). Am J Indust Med 1997; 32: 517-21.
19. Mortasavi SB, Jabbari Gharabagh M, Asilian H, Khavanin A, Solimanian A. Evaluation of 4,4-methylene diphenyl diisocyanate effects on foam producing workers of car manufacture The Journal of Qazvin Univ of Med Sci. 2005; 34: 15-24. [Persian]
20. Talini D, Novelli F, Bacci E, Costa F, Dente FL, Di Franco A, et al. Mild Improvement in Symptoms and Pulmonary Function in a Long-Term Follow-Up of Patients with Toluene Diisocyanate-Induced Asthma. International Archives of Allergy and Immunology. 2013; 161(2): 189-94.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-07-01]