



# کفش ارک

صنایع ایمن فراز ارک

جزوات آموزشی

صنایع ایمن فراز ارک

عنوان محتوا:

بدترین فاجعه تاریخ صنعت شیمیایی (بوپال هند)

کد محتوا:

ARK-FO-159-034

تهیه و تدوین: گروه تولید محتوای صنایع ایمن فراز ارک

## بدترین فاجعه تاریخ صنعت شیمیایی

### بوپال هند

آنچه که در شب ۲ دسامبر ۱۹۸۴ اتفاق افتاد، تراژدی ناگفتنی و وحشتناکی است که قابل اغراق در توصیف رنج کسانی که جان باختند، مجروح شدند یا آسیب های روحی-روانی دیدند نمی باشد.

بدترین فاجعه در تاریخ صنعت شیمیایی، در بوپال ایالت مادیا پرادش<sup>۱</sup> در مرکز هند، در ۳ دسامبر ۱۹۸۴ رخ داد. نشت ۲۷ تن گاز کشنده متیل ایزوسیانات<sup>۲</sup> از یک کارخانه شیمیایی، جایی که از آن به عنوان واسطه در ساخت حشره کش کارباریل، استفاده می کردند فراتر از مرز کارخانه پخش شد. نیم میلیون نفر در معرض گاز قرار گرفتند و ۲۵۰۰۰ نفر تا به امروز در نتیجه قرار گرفتن در معرض آن، جان خود را از دست داده اند. رقم رسمی ۲۱۵۳ است، اما برخی برآوردهای غیر رسمی بسیار بیشتر از این را نشان می دهد. علاوه بر این، حدود ۲۰۰۰۰۰ نفر نیز مجروح شدند. اکثر کشته شدگان و مجروحان به صورت زاغه نشینی زندگی می کردند و در کنار کارخانه بزرگ شده بودند.

هیچ کس هرگز نخواهد فهمید دقیقا چند هزار نفر در آن شب جان خود را از دست دادند. کارگران شهرداری که اجساد را با دست خود برمی داشتند و آنها را بر روی کامیون ها برای دفن در گورهای دسته جمعی یا سوزاندن روی آتشکده های دسته جمعی حمل می کردند، توصیف می کنند که حداقل ۱۵۰۰۰ جسد را جابجا کرده اند. بازماندگان، بر اساس برآوردهای خود، بر اساس تعداد کفن های فروخته شده در شهر، محافظه کارانه ادعا می کنند که حدود ۸۰۰۰ نفر در هفته اول جان خود را از دست دادند.



شکل ۲. گورهای دسته جمعی



شکل ۱. حمل اجساد با گاری

<sup>1</sup> Madhya Pradesh

<sup>2</sup> MIC

## علت زیاد بودن کشته های حادثه بوپال:

- هیچ برنامه هشدار یا اضطراری خارج از محل وجود نداشت.
- خدمات عمومی و اورژانس از خطرات آگاه نبودند.
- کارخانه در نزدیکی شهر و راه آهن قرار داشت.
- محله های زاغه نشین نیز در اطراف کارخانه، رشد کرده بودند.

عزیزه سلطان، یکی از بازماندگان، به یاد می آورد: حدود ساعت ۱۲:۳۰ صبح با صدای سرفه های کودکم از خواب بیدار شدم. در نیمه نور دیدم که اتاق پر از ابر سفید است. صدای فریادهای بسیاری را شنیدم. آنها فریاد می زدند فرار کن. بعد شروع کردم به سرفه کردن، انگار نفس هایم را در آتش می کشیدم. چشمانم می سوخت.

یکی دیگر از نجات یافته ها، چامپا دوی، به یاد می آورد که: احساس می کردیم که کسی بدن مان را با فلفل قرمز پر کرده است، از چشمها اشک، از بینی ها آب و از دهانمان کف بیرون می آمد. سرفه ها به حدی بود که مردم از شدت درد به خود می پیچیدند. برخی از افراد فقط بلند می شدند و با هر لباسی که پوشیده بودند می دویدند. مردم فقط نگران این بودند که چگونه جان خود را نجات دهند، بنابراین فقط فرار می کردند.

مردم به سادگی شروع به مردن به زشت ترین راه ها کردند. برخی بی اختیار استفراغ کردند، تشنج کردند و مردند. برخی دیگر در اثر خفگی جان خود را از دست دادند و در مایعات بدن خود غرق شدند. بسیاری از مردم در ازدحام جان باختند. نیروی سیل انسانی دستان کودکان را از چنگ والدین در می آورد. خانواده ها از هم دور شدند. ابر سمی آنقدر متراکم و سوزان بود که مردم تقریباً به کوری نزدیک شدند. همانطور که آنها نفس نفس می زدند، اثرات آن خفه کننده تر می شد. این گازها بافت های چشم و ریه های آنها را می سوزاند و به سیستم عصبی آنها حمله ور می شد. زنان هنگام دویدن فرزندان متولد نشده خود را از دست دادند.

به گفته رشیده بی، یک بازمانده که پنج عضو خانواده اش را در معرض گاز سرطانی از دست داده است، آنهايي که با جان خود فرار کرده اند بدشانس هستند، خوش شانس ها کسانی هستند که در آن شب مردند.

شرکت یونیون کاربید در دهه ۱۹۷۰ کارخانه آفت کش را ساخت و فکر می کرد که هند بازار بزرگ و دست نخورده ای برای محصولات کنترل آفات خود دارد. با این حال فروش هرگز انتظارات شرکت را برآورده نکرد. کشاورزان هندی که برای مقابله با خشکسالی و سیل تلاش می کردند، پولی برای خرید آفت کش های یونیون کاربید نداشتند. این کارخانه که هرگز به ظرفیت کامل خود نرسید، ثابت کرد که یک سرمایه گذاری زیانده است و تولید فعال خود را در اوایل دهه ۱۹۸۰ متوقف کرد. با این حال، مقادیر زیادی از مواد شیمیایی خطرناک در کارخانه باقی ماند. سه تانک همچنان بیش از ۶۰ تن متیل ایزوسیانات یا به اختصار MIC را در خود جای داده بودند. اگرچه MIC یک گاز واکنشی و کشنده است، اما سیستم ایمنی کارخانه یونیون کاربید اجازه داد که از بین برود. به نظر می رسد دلیل مدیریت این بود که کارخانه تمام تولید خود را متوقف کرده و دیگر هیچ تهدیدی باقی نمانده است.

در این زمینه هشدارهای متعددی مورد توجه قرار نگرفت:

- نگرانی های ایمنی اتحادیه مورد توجه قرار نگرفت و رهبران اتحادیه که آنها را مطرح کردند اخراج شدند.
- یک روزنامه نگار محلی، راج کسوانی، بارها توجه را به مسائل ایمنی در محل جلب کرد اما نادیده گرفته شد.
- شرکت مادر<sup>۳</sup> در سال ۱۹۸۲ ممیزی ایمنی را انجام داد اما توصیه ها را پیگیری نکرد.



شکل ۳ و ۴. مخزن ذخیره MIC

علت فاجعه آلودگی یک مخزن ذخیره MIC توسط چندین تن آب و کلروفرم بود. یک واکنش فراری رخ داد و دما و فشار افزایش یافت. شیر کمکی بلند شد و بخار MIC به اتمسفر تخلیه شد. تعمیر و نگهداری منظم به حدی خراب شده بود که حدود ساعت ۱۰:۴۵ شب دوم دسامبر، زمانی که یکی از کارکنان مشغول شستشوی لوله های خورده شده بود، چندین سوپاپ از کار افتادند و اجازه دادند آب آزادانه به بزرگترین مخزن MIC برود. ورود آب به مخزن تا اندکی پس از نیمه شب (۳ دسامبر ۱۹۸۴) ادامه یافت و به این طریق واکنش فرار حرارتی رخ داد. این باعث شد که درجه فشار مخزن ذخیره سازی MIC به طور ناگهانی به بالاتر از مقیاس برسد. اگرچه این امر توجه کارکنان را به مخزن جلب کرد، اما برای جلوگیری از فاجعه بسیار دیر شده بود. قرار گرفتن در معرض این آب به زودی به یک واکنش کنترل نشده منجر شد.

مدت کوتاهی پس از وقوع واکنش فرار، بخار MIC داغ از طریق سیستم تخلیه فشار خودکار مخزن به هدر دریچه تخلیه، تخلیه شد. اگرچه این امر از انفجار جلوگیری کرد،

اما یک رهاسازی عمده بود که MIC، سیانید هیدروژن، مونو متیل آمین و سایر مواد شیمیایی به بیرون پرتاب شد و زمین را آلوده کرد. کمی بعد مردم شروع به مردن کردند.

هیچ یک از شش سیستم ایمنی طراحی شده برای جلوگیری از چنین نشتی عملیاتی کار نمی کرد و گاز در سراسر شهر بوپال پخش شد. سیستم های خنک سازی، فلر و شستشو در زمان وقوع نشتی در وضعیت کامل قرار نداشتند. علاوه بر این، دما و فشار بالا روی مخزن MIC در ابتدا نادیده گرفته شد زیرا ابزارها غیرقابل اعتماد بودند.





شکل ۵. سیستم های ایمنی خراب موجود در کارخانه

اگر سیستم های ایمنی چندگانه طبق طراحی کار می کردند، می توانست از فاجعه به طور کلی جلوگیری شود، یا عواقب بسیار کمتری داشت، به عنوان مثال:

- اگر مخزن به جای بیش از ۸۰ درصد کمتر از ۵۰٪ پر شده بود (طبق طراحی) مواد کمتری برای رهاسازی وجود داشت.
- اگر اسکرابر کاستیک<sup>۴</sup> متصل بود و به طور مداوم کار می کرد، از شدت رها شدن کاسته می شد.
- اگر سیستم خنک سازی همراه با دماسنج های قابل اعتماد کار می کرد، ممکن بود زمان برای واکنش اپراتورها و جلوگیری از انتشار به طور کلی وجود داشته باشد.
- اگر فلر وصل و روشن شده بود، می توانست به میزان قابل توجهی از عواقب رویداد جلوگیری کند.

کارخانه مجهز به دو آژیر اضطراری بود. یکی داخلی برای هشدار به کارکنان در صورت نشت و دیگری خارجی برای هشدار به مردم و ساکنان محلی. اگرچه هر دو دقایقی پس از نشت توسط یک کارمند فعال شدند، اما زنگ خارجی بلافاصله خاموش شد و تا دو ساعت بعد دوباره به صدا درآمد. دیگر تا آن زمان گاز شهر را فراگرفته بود.

<sup>4</sup> caustic scrubber



## علت های حادثه

**علت مستقیم:** یک واکنش شیمیایی فرار ناشی از ورود آب به مخزن MIC

**علل ریشه ای:** تعمیر و نگهداری پیشگیرانه ناکافی (ابزارها و تجهیزات حیاتی ایمنی)، ارزیابی ناکافی خطر (موجودی MIC در هنگام قطع نیروگاه)، مدیریت ناکافی تغییرات (تبرید، گاز دریچه و خاموشی سیستم مشعل)، آموزش ناکافی (اپراتورهای نیروگاه)، ناکافی بودن رهبری (نظارت عملیاتی)، برنامه ریزی ناکافی واکنش اضطراری (به دلیل ارزیابی ناکافی ریسک)، عدم بکارگیری اصول طراحی ذاتا ایمن (ذخیره سازی MIC)، برنامه ریزی نامناسب کاربری زمین (نزدیک بودن شهرک زاغه نشین به کارخانه خطرناک).

## ویژگی های خاص متیل ایزوسیانات

متیل ایزوسیانات با توجه به فشار بخار بسیار بالای آن نسبت به سایر ایزوسیانات ها و توانایی آن در اعمال اثرات سمی جدی حاد و مزمن بر روی انواع سیستم های اندام ممکن است سمی ترین در بین تمام ایزوسیانات ها باشد. متیل ایزوسیانات یکی از واکنش پذیرترین ایزوسیانات ها است. در محیط آبی به سرعت تجزیه می شود. در واقع، واکنش پذیری بالای MIC است که منجر به استفاده صنعتی از آن شده است.

گاز متیل ایزوسیانات در صورت استنشاق یا بلعیدن بسیار سمی و برای سلامتی انسان خطرناک است. قرار گرفتن در معرض مقادیر زیاد می تواند باعث ادم ریوی، خونریزی، پنومونی برونش و مرگ شود. اثرات طولانی مدت قرار گرفتن در معرض با بارداری ناموفق و نقایص مادرزادی، شرایط مزمن ریه و کلیه، و نرخ بالاتر سرطان در میان جمعیت بازماندگان مرتبط است.

جدول ۱. علائم بالینی مشاهده شده در فاز حاد و تحت حاد (۱ تا ۶ ماه) پس از مواجهه با متیل ایزوسیانات

سیستم های فیزیولوژیکی تحت تاثیر	علائم بالینی
چشمی	تحریک شدید، سوزش، فتوفوبیا، تاری دید، زخم قرنیه
تنفسی	تنگی نفس، درد قفسه سینه، سرفه شدید خشک یا مرطوب، ادم ریوی، پنومونیت
روانی و عصبی	اضطراب، افسردگی، مشکل سازگاری اجتماعی، اختلال در حافظه شنیداری و بینایی
دستگاه گوارش	اسهال، بی اشتها، درد شکم
ایمونولوژیک	کاهش تعداد سلول های T، کاهش فعالیت فاگوسیتی لنفوسیت ها
ژنتیکی	افزایش ناهنجاری های کروموزومی
تولید مثلی	سقط خودبخودی، بی نظمی قاعدگی
عمومی	ضعف عضلانی، خواب آلودگی، بی اشتها، حالت تهوع، استفراغ، تب

## جدول ۲. علائم بالینی در فاز مزمن (۶ ماه به بعد) پس از مواجهه با متیل ایزوسیانات

سیستم های فیزیولوژیکی تحت تاثیر	علائم بالینی
چشمی	آسیب به خلف چشم، تیرگی قرنیه، ورم ملتحمه، ضایعات مزمن و کمبود ترشح اشک
تنفسی	سرفه (با یا بدون خلط)، درد قفسه سینه، تنگی نفس، خس خس سینه، کاهش عملکرد ریه، بیماری های انسدادی و محدود کننده راه هوایی
روانی و عصبی	دردهای عضلانی
تولید مثلی	مرگ و میر نوزادان، کاهش وزن جنین / جنین
ایمونولوژیک	واکنش بیش از حد سیستم ایمنی در افراد در معرض تماس درون رحمی
سرطان	سرطان اوروفارنکس
الگوی رشد نوجوانان	تأخیر رشد در مردان نوجوان در معرض

در سال ۱۹۹۹، آزمایش آب های زیرزمینی محلی و آب چاه در نزدیکی محل حادثه، جیوه را بین ۲۰۰۰۰ تا ۶ میلیون برابر آنچه انتظار می رفت نشان داد. مواد شیمیایی سرطان زا، آسیب مغزی و نقص مادرزادی در آب یافت شد. تری کلروانن، یک ماده شیمیایی که نشان داده شده است رشد جنین را مختل می کند، در سطوح ۵۰ برابر بیشتر از حد ایمنی EPA یافت شد. آزمایشی که در گزارشی در سال ۲۰۰۲ منتشر شد، سمومی مانند ۱،۳،۵ تری کلروبنزن، دی کلرومتان، کلروفرم، سرب و جیوه را در شیر مادر زنان شیرده نشان داد.

بنابر آمار سال ۲۰۱۰ این سایت هرگز به درستی پاکسازی نشده است و همچنان ساکنان بوپال را مسموم می کند. مردم متاثر از گاز بوپال همچنان تسلیم جراحات ناشی از فاجعه می شوند و هر روز یک نفر جان خود را از دست می دهند

یک تراژدی واقعی بوپال این بود که با آموزش و آگاهی بهتر از اقدامات ایمنی در بین کارگران می شد از آن جلوگیری کرد. اگرچه دستورالعمل های ساده می توانست جان هزاران نفر را نجات دهد، اما هیچ اطلاعاتی در مورد خطرات MIC یا اقدامات لازم در صورت نشت با مقامات محلی یا ساکنان به اشتراک گذاشته نشده بود. اگر آنها می دانستند که در داخل خانه بمانند یا به جای فرار در جهت باد، در خلاف جهت آن فرار کنند، یا این که یک پارچه خیس روی دهان و بینی ممکن است برای نجات جان افراد زیادی کافی باشد، هزاران نفر نمی مردند.

حادثه یونیون کارباید باعث تغییر در نگاه صنعت به ایمنی فرآیند شد. حرکتی به سمت طراحی ایمن تر، کاهش موجودی مواد شیمیایی سمی، تمرکز بر عوامل انسانی، مشارکت کارکنان، برنامه ریزی اضطراری صورت گرفته است.

برخی از این درس ها در کشورهای توسعه یافته نهادینه شده اند. مانند کنترل HSE از خطرات تصادفات بزرگ COMAH، مدیریت ایمنی فرآیند OSHA (PSM)، برنامه مدیریت ریسک EPA (RMP) –

ما هر روز با تصمیمات یکسانی در محل کار روبرو هستیم. تصمیماتی که در طول یک فرآیند می گیریم، به ویژه قبل از ساخت آن، می تواند بر ما و افراد دیگر تأثیر بگذارد.

به عنوان یک کارشناس بهداشت حرفه ای، روزانه تصمیماتی می گیرید که به طور کلی هویت ایمنی فرآیند شما را مشخص می کند. هیچ کس نمی تواند به شما بگوید که پاسخ های درست چیست. بنابراین مهم است که اجازه دهید وجدان شما با آنچه در بوپال اتفاق افتاد هدایت شود. اینجاست که بوپال ارزش بیشتری دارد. با در نظر گرفتن این افکار، بر توصیه های زیر تمرکز کنید:

- وقتی تصمیم گرفتید که یک شکست مزمن را بررسی نکنید، بوپال را به یاد بیاورید.
- زمانی که انتخاب درست مقرون به صرفه ترین انتخاب نیست، بوپال را به یاد بیاورید.
- هنگام طراحی راه حلی که به جای حذف یک خطر، آن را مدیریت می کند، بوپال را به یاد بیاورید.
- هنگامی که وسوسه می شوید که رویه ای را به گونه ای که فکر می کنید، به جای نحوه نگارش واقعی آن اجرا کنید، بوپال را به یاد بیاورید.
- هنگامی که به جایگزینی تجهیزات مهندسی شده با افراد فکر می کنید، بوپال را به یاد بیاورید.
- هنگامی که یک ممیزی ایمنی انجام می دهید، بوپال را به یاد بیاورید.
- هنگام طراحی مجدد یک سیستم برای "ایمن تر" کردن آن، بوپال را به یاد بیاورید.
- هنگامی که اپراتورها در مورد تصمیمی که می خواهید بگیرید نگرانی دارند، بوپال را به یاد بیاورید.
- هنگام ایجاد تغییرات به منظور بهبود ایمنی، بوپال را به یاد بیاورید.



عکس ۶. شهرک زاغه نشین اطراف کارخانه پس از حادثه



منابع:

- <https://www.bhopal.org/>
- Remembering Bhopal - 30 years on – Icheme
- The Union Carbide Disaster in Bhopal: A Review of Health Effects - V. Ramana Dhara & Rosaline Dhara
- Learning lessons from major incidents – Icheme
- Bhopal Gas Tragedy: REVIEW OF clinical and experimental findings after 25 years - PRADYUMNA K. MISHRA
- The Bhopal accident and methyl isocyanate toxicity - Daya R. Varma & Ian Guest