کنترل گرد و غبار در معدن بهترین روش برای جلوگیری از ابتلا به بیماری‌های شغلی

کورش شهریار
استادیار

دانشکده فنی مهندسی، گروه معدن، دانشگاه شهید باهنر کرمان

چکیده

در این مقاله ابتدا بیماری‌های ناشی از تنفس گرد و غبار در محیط‌های معدنی، به خصوص معادن زغال سنگ، با نگاهی کوتاه به تاریخچه آن مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. سپس عوامل مؤثر در ایجاد آن، عوامل تشدید کننده و استانداردهای موجود در تراکم گرد و غبار قابل تنفس در هوای معدن، در نقاط مختلف دنیا مقایسه شده و راه‌های جلوگیری از ایجاد گرد و غبار و روش‌های کنترل و اندازه گیری آن ذکر شده است. موفقیت‌های حاصل در مبارزه با این آفت مهلك و جانکاه و کنترل آن بیشتر مدیون تلاش‌های بی وقفه مهندسین معدن بوده است. زیرا معالجه آن از طریق پزشکی هنوز امکان پذیر نیست. در کشورهایی که صنعت معدنی پیشرفته دارند، مراکز متعددی برای مطالعه و مبارزه و کنترل گرد و غبار ایجاد شده است و سالهاست که بدین امر مهم مشغول‌اند و برای آگاهی از موفقیت و کارآئی راه حل‌های پیشنهادی، بامراکز تحقیقات پزشکی ارتباط تنگاتنگی دارند. یك بررسی اجمالی از ضرر و زیان‌های اقتصادی و انسانی ناشی از ابتلا افراد به این امراض که در کشورهای اروپایی انجام شده و همچنین مطالعه آماری کارگران زیرزمینی شرکت زغال سنگ کرمان، تأسیس چنین مراکزی را هم از نظر اقتصادی و هم از نظر انسانی توجیه پذیر می‌سازد.

Dust control is the best way to avoid occupational disease in mine environment

Kourosh Shahriar
Assist. Prof. of Minig Eng. Dept, Faculity of Eng.

Shahid Bahonar Univ. of Kerman-Kerman-Iran

Abstract

In this paper occupational diseases due to dust respiration in coal mine environment together with a brief review of its history is discussed. The main factors which are important in the formation of such diseases are also discussed. These factors are mainly the intensity of dust formation and the means available for its removal back to the level of accepted standards.

This calls for accurate measuring devices as well as set procedures.

To date there are not any known medical treatment for such deseases and therefore the effort must be concentrated on prevention which is based on the endeavors of responsible mining engineers.

Research on these problems has been going on for many decades in countries with advanced mining industries and many research centres are set up Ospecia-

ly for this purpose. Out of such research a variety of methods and recommended practices are now evolved. In this paper a brief study of the econonmics as well as human losses due to such deseases in European mining industry together with the Kerman underground coal mine's situation are provided justifying the need for establishment of such a research centers in Iran.

مقدمه

یکی از مسائل مهمی که هم اکنون در معادن زیرزمینی ایران بخصوص کرمان مطرح است از کارافتادگی های زودرس ناشی از امراض شغلی است. متأسفانه این موضوع هنوز به طور اصولی و بنیادی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار نگرفته است.

جوان بودن صنعت معدن در کشور ما یکی از علل اصلی این امر است. روش متداول در برخورد با این مشکل، کنترل ادواری کارگران زیرزمینی و دور کردن آنها از محل کارشان از زیرزمین به سطح زمین و یا گماردن به کارهای سبک تر است که این خود یکی از عوامل و مشکلات عمده در تولید و عامل بروز مسائل روانی در محیط کار است. علت آن است که مسئول مربوطه مجبور است، به جای افراد با سابقه و با تجربه، افراد جدید و کم تجربه تری را جایگزین سازد. از طرف دیگر همیشه ذهن مدیران با بعد انسانی مسئله، مشغول خواهد بود. زیرا اگر قرار باشد که نیروهای فعال و جوان مملکت پس از مدت زمان کوتاهی به صورت افرادی مریض و معلول درآیند، بار مالی ناشی از حذف این نیروهای مولد و مسائل اجتماعی حاصل از آن به صورت یک معضل اجتماعی به خصوص در مناطق شهرهای معدنی خواهد شد.

در این مقاله ضمن بررسی سوابق تاریخی و علل ابتلا به امراض شغلی و روش های کنترل آن، اهمیت مسئله از بعد اقتصادی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

۱ ـ تعاریف و سوابق تاریخی

هدف نهایی از فعالیت های معدنی، استخراج و حمل مواد معدنی مفید موجود در پوسته زمین به خارج از معدن است. در این راستا جدا کردن مواد معدنی از بستر اصلی و خردایش آن به قطعات قابل حمل و سایر عملیات، باعث می شود که مقداری از مواد معدنی و یا سنگ های مسیر به ابعاد کوچکتر و ریزتری تقسیم شده و در هوا معلق شود. این ذرات ریز که تمامی خواص ماده اصلی را دارا هستند، گرد و غبار نامیده می شود. ناپایداری، لخته شدن و ته نشینی از خواص اصلی آنها می باشد. تنفس گرد و غبار به مدت زیاد باعث ابتلا به یک سری بیماری های ریوی در کارگران معدن می شود که به طور کلی پنوموکونیوز نامیده می شود. این واژه از دو کلمه یونانی Pneumo به معنی ریه و Conisis به معنی گرد و غبار تشکیل شده است.

در کنفرانسی به همین نام که در سال ۱۹۷۱ در شهر بخارست مرکز رومانی از طرف سازمان بین المللی کار تشکیل گردید، این بیماری به این شکل تعریف شده است: پنوموکونیوز عبارت از تجمع گرد و غبار در ریه ها و عکس العمل بافت و نسوج ریه به حضور آن است [(۱).]

بسته به نوع گرد و غباری که باعث ابتلا می شود، بیماری حاصل به اسامی مختلفی نامیده می شود. به عنوان مثال: سیلیکوز بیماری ناشی از تنفس گرد سیلیس و کوارتز، انتراکوز ناشی از تنفس گرد زغال، سید روز در اثر تنفس گرد آهن، آلومینوز در اثر تنفس گرد آلومینیم، آزبستوز ناشی از تنفس لیف های آزبست ...

امراض شغلی ناشی از تنفس گرد و غبار در معادن سابقه تاریخی بسیار طولانی دارند، به طوری که در بررسی جسدهای مومیایی شده مربوط به قبل از میلاد در مصر باستان، آثار ناشی از سیلیکوز مشاهده شده است [(۱).] سقراط حکیم و سیلیسیوس و سایر دانشمندان قدیمی به شیوع این بیماری در بین معدنکاران اشاره کرده اند. همچنین بنا به ادعای کولیس در بین کارگرانی که در عصر حجر به استخراج سنگ چخماق از معادن اشتغال داشته اند، مرض سیلیکوز شیوع داشته است. آگری کولا در کتاب مشهور خود [در متالیکا][۲] که در قرن ۱۶ انتشار یافته، بیماری فوق الذکر را بدین ترتیب شرح داده است [(۲).] معدنکاری یک شغل خطرناک است. زیرا افراد معدنکار به علت هوای استنشاقی و بعضی در اثر ناراحتی های ریوی جان خود را از دست می دهند. ... بعضی از معادن بسیار خشک است و گرد و غبار حاصل وارد ریه و خون شده، کار

تنفس را مشکل می‌سازد و سبب نوعی بیماری می‌شود که یونانی‌ها آن را آسم نامیده‌اند. نامبرده در کتاب خود که سالها به عنوان تنها کتاب مرجع مهندسی معدن مورد استفاده قرار گرفته، می‌افزاید که گرد و غبار با گوشه‌های تند و تیز باعث زخمی شدن دیواره شش ها و در نهایت باعث عفونت آن شده و سبب می شود که مردها خیلی زود بمیرند. به طوری که در بعضی از مناطق معدنی، زن‌ها به علت فوت زود رس شوهرانشان تا هفت بار ازدواج کرده‌اند.

پنوموکونیوز کارگران معادن زغال مجزا از سیلیکوز کلاسیک برای اولین بار به عنوان یک بیماری شغلی در سال ۱۹۴۳ به دنبال مطالعات شورای تحقیقات پزشکی بریتانیا در بین سال‌های ۱۹۳۶ تا ۱۹۴۱ شناخته شد. این بیماری در اثر تنفس گرد و غبار محیط‌های معدنی حاصل می‌شود. بر طبق این تعاریف پنوموکونیوز کارگران زغال سنگ دارای دو مرحله به نام‌های پنوموکونیوز ساده [۳] فیبروز پیشرفته [۲] (PMP) است [(۳).] خطرناکترین بیماری ریوی که در کارگران معدن مشاهده می‌شود سیلیکوز نام دارد، که در اثر استنشاق گرد کوارتز بوجود می‌آید. این اصطلاح برای اولین بار توسط ویسکونتی پزشک ایتالیایی در سال ۱۸۷۱ به کار رفت. و سپس توسط ژوتن (۱۹۵۸ - ۱۸۸۶) تعریف شد. [(۴)]

در اوایل قرن بیستم این بیماری به عنوان یک بیماری شغلی خطرناک در اروپا و آمریکا شناخته شد. وینلسوپروفسور مدرسه پزشکی یاله در سال ۱۹۱۹ مرز تراکم گرد و غبار را ۲۱ میلی گرم در متر مکعب پیشنهاد و استفاده از ماسک را مفید اعلام کرد. به هر حال علیرغم فعالیتهای خیلی زیاد، سیلیکوز هنوز یک بیماری در حال توسعه باقی مانده است. به طوری که طبق آمار منتشر شده در امریکا، تعداد از کارافتادگی در اثر پنوموکونیوز معادن زغال به علت معلولیت دائم و مرگ و میر، سه و نیم برابر کل حوادث ناشی از کار در معادن است. و سالانه حدود یک و نیم میلیارد دلار برای دولت این کشور هزینه در بردارد.

۲ـ گرد و غبار عامل اصلی ابتلا به بیماری

تعریف گرد و غبار در مقدمه بحث آورده شده است. در اینجا یادآوری این موضوع لازم است که ابعاد ذرات بیش از یک میلیمتر تا کمتر از یک میکرون می باشد و برای اینکه تصور واضحی از این ابعاد داشته باشیم، کافی است یادآوری کنیم که در داخل یک میلیمتر مکعب یک میلیارد ذره گرد و غبار یک میکرونی وجود دارد.

از نظر دانه‌بندی گرد و غبار به سه گروه مختلف تقسیم می‌شوند:

الف ـ ذرات بزرگتر از ۱۰ میکرون که طبق قانون جاذبه با سرعتی افزایشی ته نشین می‌شوند.

ب ـ ذرات با ابعاد ۱۰ تا ۰/۱ میکرون که با سرعت ثابت ته نشین شده و تابع قانون استوکس هستند.

ج ـ ذرات کوچکتر از ۰/۱ میکرون که ته نشین نمی شوند و همواره در هوا معلق‌اند.

یک ابر ناشی از گرد و غبار ۵ میکرونی را نمی‌توان با چشم غیر مسلح در هوا تشخیص داد. از نظر منشأ، گرد و غبار را به دو گروه اولیه و ثانویه تقسیم می‌کنند. گرد و غبار اولیه در حین عملیات ایجاد می‌شود. در صورتی که گرد و غبار ثانویه ناشی از برخاستن مجدد گرد و غبار ته نشین شده است.

۲ـ۱ـ انواع گرد و غبار

بایستی یادآور شد که تمام گرد و غبارها به یک اندازه مضر نیستند و بسته به نوع آن (ترکیب کانی شناسی) اثرات جانبی مختلفی به شرح زیر ایجاد می‌کند:

الف ـ گرد و غبار مضر برای دستگاه تنفسی:

سیلیس، سیلیکات‌ها (تالک/میکا، آزبست) کانه‌های بریلیوم، بخار فلزات، کانه‌های قلع، کانه‌های آهن، زغال سنگ.

ب ـ گرد و غبارهای سرطان‌زا:

گرد و غبارهای خانواده رادون، آزبست، آرسنیک

ج ـ گرد و غبارهای سمی:

آرسنیک، سرب، اورانیوم، نیکل، تنگستن

د ـ گرد و غبارهای رادیواکتیودار:

کانه‌های اورانیوم و توریوم

هـ ـ گرد و غبارهای مزاحم (بی ضرر)

سنگ آهک، ژیپس، کائولین

۲ـ۲ـ پارامترهای مهم در شدت تأثیر گرد و غبار

هر نوع گرد و غباری که به اندازه زیاد و مدت زمان طولانی استنشاق شود، ممکن است موجب ناراحتی‌های ریوی شود. عواملی که در مورد تأثیرات منفی گرد و غبار مؤثرند عبارتند از:

الف ـ ترکیب

ترکیب شیمیایی و کانی شناسی گرد و غبار یک عامل

تعیین کننده می باشد. به نحوی که سیلیس آزاد خیلی خطرناکتر از ترکیبات آن بوده و آزبست سرطان زا می باشد و همچنین انرژی سطحی ذرات سهم بسزایی در تأثیر آنها داشته و حلالیت گرد و غبار سمی یکی از خواص مهم آنها می باشد.

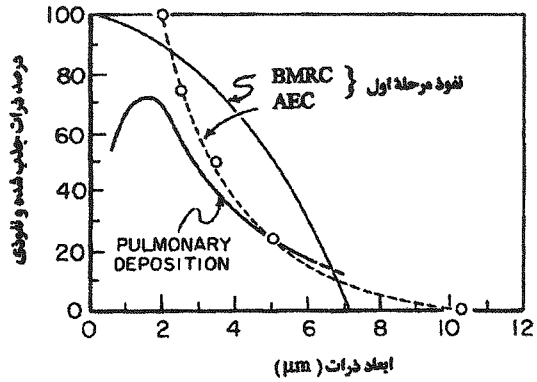
ب ـ غلظت و تراکم ذرات

معمولاً تراکم ذرات موجود در هوای معدن را به دو روش وزنی و عددی بیان می کنند. در روش اول وزن ذرات موجود در یک متر مکعب هوا بر حسب میلی گرم بر مترمکعب [5] و در روش دوم تعداد ذرات موجود در هوا برحسب میلیون عدد بر فوت مکعب [6] و یا تعداد ذرات در یک سانتیمتر مکعب هوا [7]، بیان می شود. با افزایش غلظت گرد و غبار قابل تنفس در هوا مقدار گرد و غبار جذب شده در ریه ها افزایش می یابد. غلظت مجاز برای اغلب کشورهای دنیا باتوجه به درصد سیلیس در داخل گرد و غبار بین یک تا ده میلیگرم بر متر مکعب است .

ج ـ دانه بندی ذرات

یکی از خواص مهم گرد و غبار ابعاد دانه های آن است. ذرات بزرگتر از پنج میکرون در راه های بالایی سیستم تنفسی ته نشین شده و به کمک ترشحات بدن خارج می شوند. این موضوع با بررسی ریه افراد مبتلا اثبات شده است. هر چند که در بعضی شرایط استثنایی، ذرات بزرگتر از ده میکرون نیز دیده شده است که به نظر می رسد بیشتر مربوط به شکل ذرات باشد. به عنوان مثال الیاف آزبست با طول بیشتر از صد میکرون در ریه های افراد مشاهده شده است. از نظر دانه بندی خطرناکترین ذرات با ابعاد ۰/۵ تا ۳ میکرون هستند [۴].

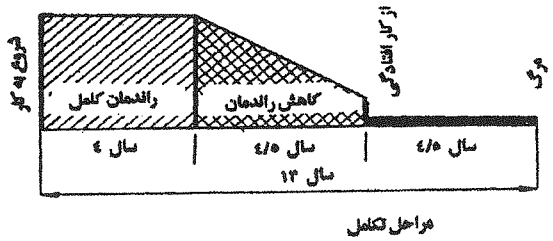
هر چند که در مورد حد پایین ابعاد ذرات اطلاع دقیقی در دست نیست، ولی به نظر می رسد که دانه های خیلی کوچکتر به سرعت در ترشحات ریه حل و یا وارد بافت های ریه می شوند. هر چند که توقف دانه های بزرگتر از پنج میکرون در قسمت های مجاری تنفسی ذکر شده است ،وجود این ذرات در هوای معدن باعث پوشیده شدن و تخریب مخاط بینی، آسیب رسانیدن به چشم ها و کاهش میدان دید و ایجاد مشکلات روانی می شود. منحنی های مربوط به قابلیت جذب ذرات در ریه ها براساس نظریه های پیشنهادی سازمان انرژی اتمی امریکا [8] و شورای تحقیقات پزشکی بریتانیا [9] در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل (۱) درصد گرد و غبار جذب شده توسط ریه ها باتوجه به ابعاد ذرات گرد و غبار قابل تنفس درهوا و مقایسه معیارهای گرد و غبار قابل تنفس

د ـ مدت زمان قرارگیری در معرض گرد و غبار

مدت زمان متوسط جهت سیر تکاملی سیلیکوز ۲۰ تا ۳۰ سال است. هر چند که در بعضی شرایط مدت ابتلا در کمتر از یک سال نیز گزارش شده است [۱]، مراحل تکامل بیماری و تأثیر آن در بازده کارگران باتوجه به یک بررسی تحقیقی در معادن افریقای جنوبی در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل (۲) مراحل تکامل بیماری سیلیکوز و تأثیر توسعه و پیشرفت آن بر بازده کارگران (۳)

۳ـ منابع ایجاد گرد و غبار در معادن

منابع اصلی ایجاد گرد و غبار در محیط های معدنی عبارتند از:

ـ خردایش سنگ و زغال (چالزنی، آتشباری، حفر زغال و سنگ ....)

ـ بارگیری سنگ و مواد معدنی (و تمیز کردن کف گالری ها و کارگاه های استخراج .....)

ـ حمل و نقل و تخلیه (حمل مواد توسط واگن، ناو زنجیری، نوار نقاله ، بارگیری در بونکرها، واگن برگردان و ....)

- تخریب کارگاه، کشیدن وسایل نگهداری، خاکریز، بزرگ کردن مقطع گالری ها .....
- رفت و آمد افراد در کف گالری ها و کارگاه ها
- استفاده از گرد سنگ برای جلوگیری از انفجار گرد زغال و متان
- تهویه

بنابراین بایستی که حتی الامکان از ایجاد و شناور شدن گرد و غبار جلوگیری کرد. استفاده از سیستم تهویه کافی و مؤثر، به کارگیری آب و استفاده از غبار گیرها راههای رایج در کنترل گرد و غبار است.

همچنین بایستی توجه کرد که عواملی مثل نوع ماده معدنی استخراجی، روش استخراج (دستی، مکانیزه و ...) نوع خاکریز و حمل و نقل، وضعیت کانسار و شکل لایه ها (شیب لایه)، سیستم استخراج و تهویه در تراکم گرد و غبار مؤثر است.

٤ـ لزوم مبارزه با گرد و غبار برای جلوگیری از ابتلا به بیماری

براساس گزارشی که در یکی از کنفرانس های مبارزه با گرد و غبار از طرف مرکز تحقیقات معدنی بریتانیا انتشار یافته است، ادعا می شود، از زمانی که طبق قانون، پرداخت غرامت به افراد مبتلا اجباری شده است، تعداد مراجعات و شکایات به نحو بی سابقه ای افزایش یافته است. زیرا کارگران بعد از این لحظه به گرد و غبار دقت و اهمیت کافی می دهند [۲]. در بررسی این موضوع قبل از هر چیز بایستی شرایط فاجعه انگیز افراد مبتلا و خانواده آنها را مد نظر قرار داد و شرایط سخت کاری و اجتماعی و همچنین تأثیر بار مالی بیماری را بر اقتصاد ملی فراموش نکرد و به موارد زیر دقت نمود:

- مراقبت و مداوای بیمار مستلزم هزینه های گزافی است.
- مستمری های ناشی از معلولیت زودرس بسیار گزاف است.
- غرامت های پرداختی به بازماندگان افراد مبتلا بالاست.
- کاهش راندمان و بازدهی افراد مبتلا روز به روز مشهودتر می شود.
- بروز بیماری اغلب در کارگران خوب و فعال مشاهده می شود.
- با پیشرفت بیماری تعداد زیادی کارگر جدید بایستی استخدام شود. (سالانه)
- پرداخت حقوق و دستمزدهای گزاف ناشی از خطرناک بودن کار.
- افزایش حوادث و تصادفات در محیط های معدنی دارای گرد و غبار.
- کاهش شوق و علاقه به کار در اثر وجود گرد و غبار.
- تأثیر گرد و غبار در افزایش خرابی و عارضه ماشین آلات.

۵ـ روش های متداول در کنترل بیماری های ریوی در معادن

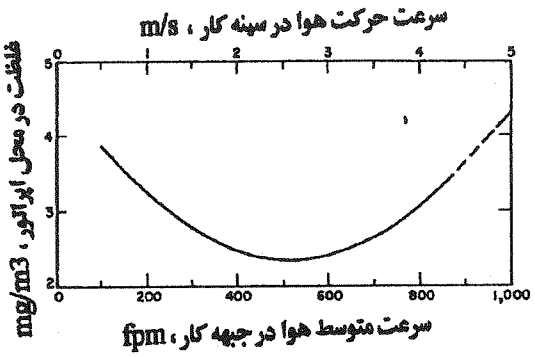
سازمان زغال سنگ انگلستان سه روش مختلف را برای کنترل بیماری پیشنهاد کرده است که مورد قبول همه کشورهای صنعتی است. [(۳)] روش های پیشنهادی عبارتند از: کنترل گرد و غبار، اندازه گیری گرد و غبار و مراقبت های پزشکی. از طرف دیگر اصلاح پارامترهای ماشین های حفاری، کاهش ساعات کار روزانه، جلوگیری از خستگی مفرط کارگران، تغذیه مناسب، شستشوی لباس کار و حمام روزانه، در آخر شیفت کاری، دقت کافی در استخدام کارگران برای کارهای مخاطره آمیز هم در جلوگیری از ابتلا مفید است.

۱ـ۵ـ کنترل گرد و غبار

در ارتباط با کنترل گرد و غبار قبل از هر چیز بایستی یادآور شد که جلوگیری از برخاستن گرد و غبار خیلی آسان تر از ته نشین کردن گرد و غبار معلق در هواست.

۱ـ۱ـ۵ـ تهویه کافی و مؤثر در محل کار

به نظر می رسد که تهویه کافی و مؤثر محل کار مهمترین وسیله مبارزه با گرد و غبار باشد و سایر روش ها به عنوان راه چاره کمکی و برای کم کردن بار تهویه به کار می رود. بررسی های سرعت ته نشینی ذرات نشان می دهد که ذرات کوچکتر از ۱۰ میکرون همانند محیط های آلوده گازی عمل می کنند و توسط جریان هوا تا مسافت های زیاد جا به جا می شوند [(۱)]. در کارگاه های جبهه کار بلند که از ماشین زغال بر استفاده می شود، سرعت هوا در محدوده ۲/۳ الی ۲/۵ متر بر ثانیه مناسب خواهد بود [(۶)]. سیستم های تهویه مورد استفاده عبارتند از: تهویه معمولی جبهه کار، تهویه فرعی مکشی، تهویه فرعی دهشی و تهویه فرعی ترکیبی. تأثیر سرعت هوای تهویه در کارگاه استخراج بر غلظت گرد و غبار قابل تنفس در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل (۳) تأثیر سرعت هوا بر غلظت گرد و غبار در جبهه کار [(۶)]

مقدار هوای مورد نیاز جهت کاهش غلظت گرد و غبار را می‌توان از روابط زیر حساب کرد (۱):

برای تراکم عددی:
$$\frac{(N + B*Q) - X*Q}{(N + B*Q) - X_0*Q} = e^{-(Q/r)T}$$

برای تراکم وزنی:
$$\frac{(G + B*Q) - X*Q}{(G + B*Q) - X_0*Q} = e^{-(Q/r)T}$$

که در آن:

N: تعداد ذرات تولیدی در یک دقیقه (ذره بر دقیقه)
G: مقدار ذرات تولیدی در یک دقیقه (میلیگرم بر دقیقه)
Q: مقدار هوای تهویه لازم (متر مکعب بر ثانیه)
r: حجم فضای قابل تهویه (متر مکعب)
T: زمان دقیقه
B: غلظت گرد و غبار در هوای معمولی (میلیگرم)
X: غلظت گرد و غبار در مخلوط (میلیگرم)
X_0: غلظت گرد و غبار در هوای ورودی (میلیگرم)
TLV: عیار (غلظت) آستانه و یا مجاز (میلیگرم)

روابط بالا را می‌توان با فرض اینکه مدت زمان تهویه یعنی (T) خیلی بزرگتر است ($T \to \infty$) به صورت ساده‌تری تبدیل کرد:

برای تراکم عددی:
$$Q = \frac{N}{TLV - B}$$

برای تراکم وزنی:
$$Q = \frac{G}{TLV - B}$$

به عنوان مثال اگر بخواهیم غلظت گرد و غبار را در یک کارگاه استخراج از ۲/۵ میلی گرم بر متر کعب به غلظت مجاز ۲ میلی گرم بر متر مکعب برسانیم، مقدار هوای تهویه لازم در صورتی که غلظت گرد و غبار در هوای ورودی ۰/۵ میلی گرم بر متر مکعب باشد، به شرح زیر به دست می‌آوریم:

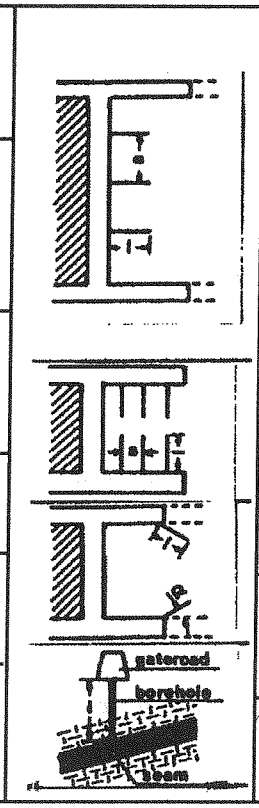
$$Q = \frac{2.5*10^3}{2-0.5} = 1667\ (mm^3 / min) = 27.8\ (m^3 / sec)$$

۲-۱-۵. استفاده از آب برای کنترل گرد و غبار

تأثیر آب برای مبارزه با گرد و غبار و کاهش درصد گرد و غبار قابل تنفس از سال‌ها پیش معلوم بوده است و به همین علت سال‌ها است که برای جلوگیری از شناور شدن و همچنین فرو نشاندن آن از آب استفاده می‌شود. چالزنی تر و پاشیدن آب روی مواد خرد شده در نقاط بارگیری و تخلیه از آن جمله‌اند. برای کاهش تمایل ذرات خشک گرد و غبار به شناور شدن که نیروی چسبندگی کمی دارند، بایستی ذرات آب، فضای خالی بین ذرات را پر کند و آنها را به یکدیگر بچسباند، منتهی تأثیر این نیروها با افزایش محتوای آب کاهش می یابد و کشش سطحی آب برای بستن ذرات کافی نخواهد بود. مقدار آب مصرفی به توزیع ابعاد دانه های گرد و غبار، نوع گرد و غبار و خواص آب بستگی دارد. خاصیت خیس کنندگی آب را می‌توان با استفاده از بعضی مواد خیس کننده افزایش داد.

تجربیاتی که در معادن زغال آلمان انجام شده است نشان می‌دهد که برای کنترل گرد و غبار در شرایط این کشور، تزریق پیشاپیش آب در جبهه کار زغال از بقیه روش‌های مبارزه با گرد و غبار مؤثر تر بوده است و براساس مقررات ایمنی این کشور، این کار بایستی به طور مرتب انجام گیرد، مگر در مواردی که اداره بازرسی معادن ممانعت کرد ه باشد. برای تزریق آب باتوجه به شرایط جبهه کار استخراج روش‌های متفاوتی وجود دارد که مشخصات آنها در جدول ۱ نشان داده شده است. البته این کار برای جلوگیری از آتش سوزی و انفجار نیز مفید است.

جدول (۱) روش‌های متداول برای تزریق آب در جبهه کار زغال [(۷)]

از جبهه کار زغال	تزریق از فاصله نزدیک		$I = Sa + 20$ in. (-0.5 m) (Sa = پیشروی روزانه) $a = 1.5 - 2I$
	تزریق از چالهای بلند		$I = 40$ ft 9-12 m) $a = 1.5 - 2\ I)$
	تزریق از راه دور		$I = 5\ Sa$ $a = 1.5 - 2I)$ آرایش روزانه چال‌ها
از تونل‌های دنبال لایه	تزریق آب دنباله روها		$I = 65 - 260$ ft. (20 - 80 m) $a = 65 - 160$ ft. (20 - 50 m)
	تزریق مورب		$I = 130$ ft. (-40 m) $a = 60 - 70$
از تونلهای دنبال لایه در بالای لایه استخراجی	تزریق از راه بسیار دور		فاصله تا لایه = I

الف ـ تزریق آب از کارگاه استخراج

این روش وقتی مورد استفاده قرار می‌گیرد که گالری‌های دنبال لایه به فاصله کمی جلوتر و یا دنبال سینه کار باشد. از نظر ایمنی بهتر است که به هنگام تزریق آب در جبهه کار فعالیت‌های استخراجی متوقف باشد. به همین علت و همچنین به علت خیس شدن کف کارگاه و نفوذ آب به مرز کمر بالا و کمر پایین، مشکلاتی ایجاد می‌شود. در این روش گمانه‌هایی در سینه کار ایجاد شده و از طریق آنها آب با فشار زیاد به لایه استخراجی تزریق می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که برای موفقیت این روش حداقل ۱۰ لیتر آب به ازای هر متر مکعب زغال لازم است [۷]. فاصله گمانه‌های موازی برای این منظور با افزایش طول آنها بیشتر می‌شود. مقدار آب تزریقی در هر گمانه با فشار ۳۵۰ بار به ۸۰ لیتر در دقیقه می‌رسد.

بدین منظور نازل‌های خاصی طراحی شده که از آنها می‌توان صدها بار در گمانه‌های دیگر استفاده کرد.

ب ـ تزریق آب از گالری‌های دنبال لایه

با استفاده از روش تزریق آب از طریق تونل‌های دنباله رو که پیشاپیش جبهه کار حفر می‌شوند، می‌توان عملیات تزریق و استخراج را از همدیگر مستقل ساخت و از توقف فعالیت‌های استخراجی جلوگیری کرد. یکی دیگر از محاسن این روش، گسترش فعالیت‌های تزریقی در سطح بیشتری از لایه استخراجی است و توزیع یکنواختی از آب را برای مدت زمان طولانی‌تری به دست می‌دهد.

ج ـ تزریق از راه دور

در این روش نیز، تزریق پیشاپیش استخراج صورت می‌گیرد. به این ترتیب که یک تونل دنباله رو در کمر بالا و یا در کمر پایین لایه حفر شده و از طریق آن چالهایی برای تزریق حفر می‌شود. پس از آب بندی کردن چالها تا ۱۰ لیتر در دقیقه آب تزریق می‌شود. این امر، از حدود یک سال قبل از شروع استخراج آغاز و تا زمانی که جبهه کار به آخرین ردیف گمانه‌های تزریق نزدیک می‌شود، ادامه می‌یابد.

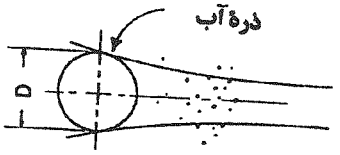
د ـ تزریق آب در جبهه کار

این روش وقتی به کار می رود که تونل های دنباله رو خیلی جلوتر از جبهه کار حفر شوند (مثل روش پسرو). قبل از شروع استخراج گمانه هایی به طول ۱۵ تا ۸۰ متر و به فاصله ۲۵ تا ۵۰ متر از تونل های دنباله رو در داخل لایه حفر و حداکثر تا ۱۰ لیتر بر دقیقه از هر گمانه آب تزریق می شود. در این روش تزریق آب به طور دائم (به جز ایام آخرهفته) صورت می گیرد. در این روش تزریق یکنواخت آب در گمانه های مختلف خیلی مهم است.

۳ـ۱ـ۵ـ استفاده از اسپری آب

یکی دیگر از روش های استفاده از آب برای کنترل گرد و غبار، پاشیدن آب و خیس کردن سنگ و مواد معدنی است. تأثیر آب در ارتباط با دربرگیری ذرات و ته نشینی آنها به سرعت نسبی ذرات آب و گرد و غبار و همچنین نسبت قطر ذرات آب و گرد و غبار بستگی دارد. به عنوان مثال قطر ذرات (قطرات) مناسب آب برای فرونشاندن گرد و غبار با ابعاد ۱ تا ۵ میکرون حدود ۰/۰۵ تا ۰/۳ میلیمتر است [۱].

قدرت جذب (دستگیری)ذرات آب با کاهش ابعاد قطرات آب و گرد و غبار تقلیل می یابد و ذرات آب در محدوده غبار [۹] تأثیر چندانی در ته نشینی گرد و غبار ندارد. عملکرد سیستم اسپری آب در شکل ۴ نشان داده شده است [(۱)].



شکل (۴) نحوه عملکرد ذرات آب در کنترل گرد و غبار [(۱)]

در طراحی سیستم اسپری آب بایستی اصول زیر مورد توجه قرار گیرد:

- حداکثر مقدار آب مورد نیاز برای فرونشاندن گرد و غبار تأمین شود.
- کنترل گرد و غبار بایستی هر چه نزدیکتر به منشأ تولید انجام گیرد. زیرا فرونشاندن آن پس از برخاستن مشکل است.
- اسپری آب بایستی حتی الامکان هم جهت با هوای تهویه پاشیده شود. در غیر این صورت جریان مغشوش ایجاد می شود.
- اسپری آب پرفشار می تواند مقدار زیادی هوا را جابجا کند و این امر به دور کردن گرد و غبار از اپراتور کمک می کند.
- یک سیستم بهینه آب پاشی کمترین مقدار آب را با بیشترین بازده مصرف می کند.

طراحی سیستم اسپری آب شامل انتخاب نوع، تعداد، محل و جهت نازل ها، سیستم فیلتراسیون مؤثر، شبکه لوله کشی مناسب، شیلنگ و پمپ جهت تأمین فشار مناسب آب است. استفاده از سیستم اسپری آب تا حدود ۳۰٪ الی ۴۰٪ از تراکم گرد و غبار می کاهد (۹).

۴ـ۱ـ۵ـ غبارگیرها

غبارگیرها دستگاه های مکانیکی هستند که ذرات گرد و غبار را از جریان آلوده هوا جدا می کنند. بسته به مکانیزم جدایش چهار نوع غبارگیر به شرح زیر وجود دارد:

الف ـ غبارگیرهای گریز از مرکز خشک

ب ـ غبارگیرهای فابریک [۱۰] و یا کیسه ای

ج ـ غبارگیرهای تر و یا غبار روب

د ـ غبارگیرهای رسوبگر الکترواستاتیک

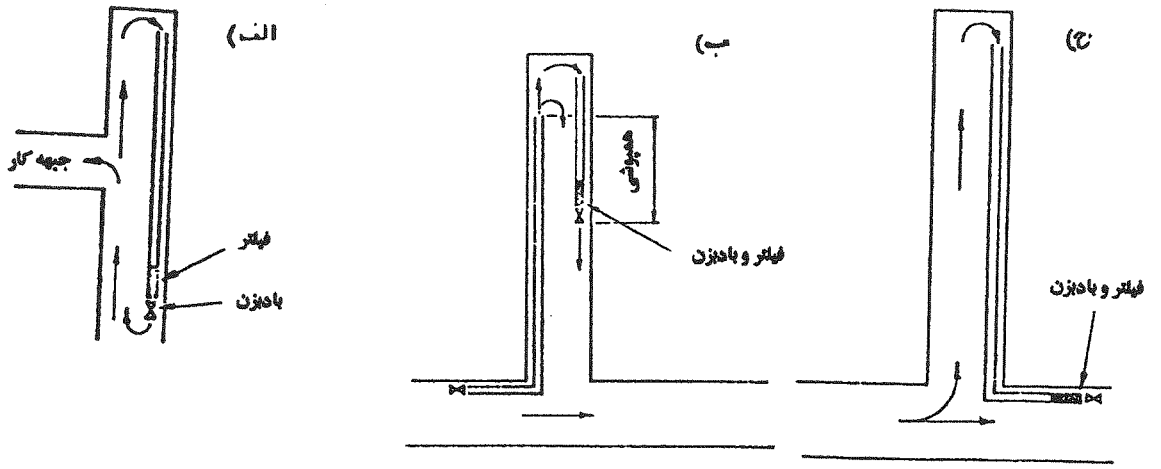
راندمان و یا بازده یک غبارگیر را می توان از رابطه زیر حساب کرد:

گرد و غبار ورودی به دستگاه / گرد و غبار جذب شده در دستگاه = n

در ضمن عملکرد این دستگاه ها باتوجه به اینکه افت فشار سیستم Δpi می باشد، از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$y = \frac{\ln(\frac{1}{1-\eta})}{\Delta Pi}$$

نصب غبارگیر در کارهای پیشروی و استخراجی در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل (۵) نصب غبارگیرها در کارهای پیشروی و استخراج (۸)

الف ـ نصب در کارگاه استخراج، ب ـ تهویه فرعی ترکیبی، ج ـ تهویه فرعی مکشی

۵ـ۱ـ۵ـ پارامترهای مربوط به مکانیزاسیون حفاری

باتوجه به افزایش روز افزون مکانیزاسیون در کارهای پیشروی و استخراج، توجه به این موضوع اهمیت بیشتری پیدا کرده است. زیرا بررسی ها نشان می دهد که با ارتقاء سطح مکانیزاسیون در معادن، غلظت گرد و غبار نیز در هوای معادن افزایش یافته است. به همین علت برای کاهش اثرات سوء مکانیزاسیون توجه خاصی به پارامترهای طراحی ماشین‌آلات معدنی مثل فاصله، نوع و زاویه برش تیغه ها و سرعت چرخش طبلک و سرعت برش در دستگاه های حفر تونل و زغالبر شده است. بررسی ها نشان می دهد که افزایش عمق حفاری تا حدود ۳۰ الی ۶۵ درصد، انتخاب زاویه برش مناسب (تیغه ها) تا ۵۰ درصد و کاهش دور طبلک (سرعت) تا ۱۵ الی ۳۰ درصد مقدار گرد و غبار را کاهش می دهد [۶]. از طرف دیگر استفاده از تیغه ها و سر مته های کند شده باعث افزایش گرد و غبار خواهد شد [(a–۸)].

۵ـ۲ـ اندازه گیری گرد و غبار

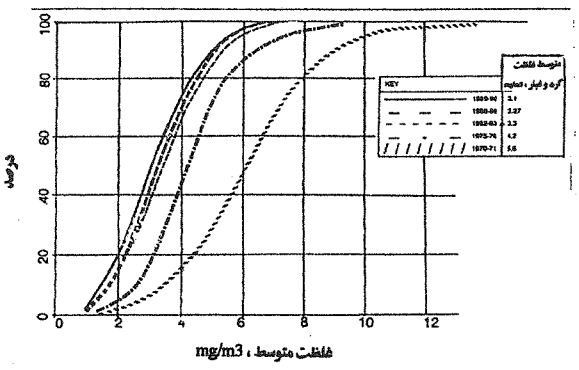
برای اطمینان از کارآیی روش های پیشنهادی در ارتباط با کاهش گرد و غبار در معادن و برای کنترل روزانه غلظت آن در هوای معدن، دستگاه های مختلفی برای این منظور ساخته شده است. هر چند برای این کار دستگاه های زیادی با اسامی تجارتی مختلف در بازار موجود است ، اما می توان همه آنها را از نظر مکانیزم اندازه گیری به سه گروه به شرح زیر تقسیم کرد [(۱)]:

الف ـ دستگاه های اندازه گیری ثقلی [۱۱]

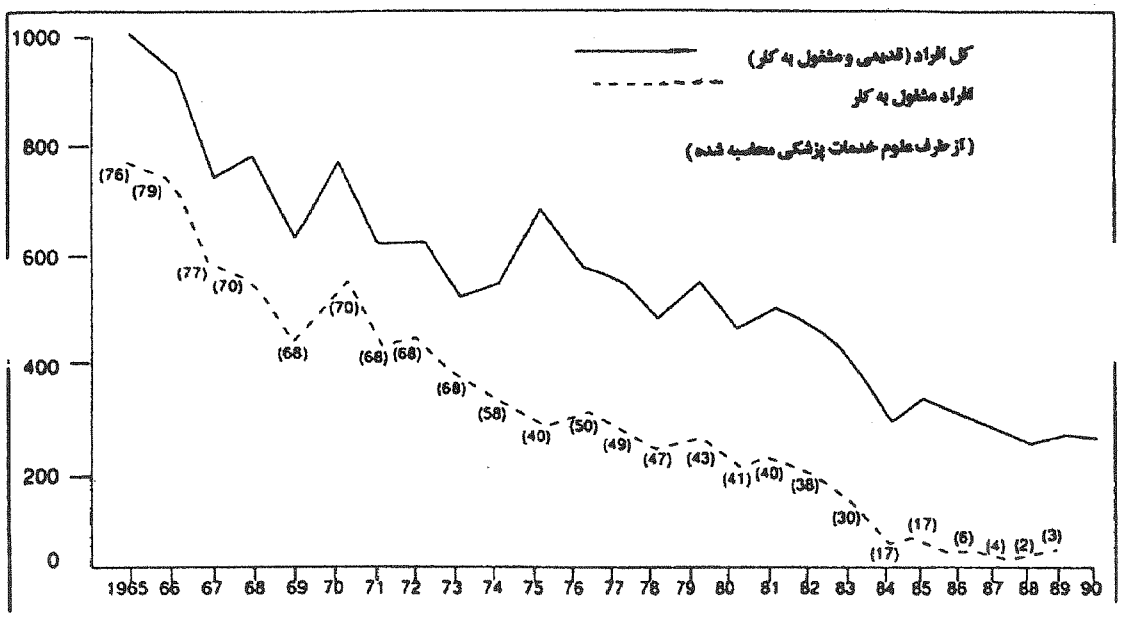
ب ـ نشانگرهای کوتاه مدت [۱۲]

ج ـ دستگاه های ابعاد نگار [۱۳]

تأثیر روش های متداول برای کاهش متوسط غلظت گرد و غبار در معادن انگلستان در شکل ۶ نشان داده شده است. همچنین بررسی ها نشان می دهد که متوسط غلظت گرد و غبار در معادن زغال سنگ آلمان از ۱۴ میلی گرم بر متر مکعب در سال ۱۹۵۷ به ۵ میلی گرم بر مترمکعب کاهش یافته است که این هم کارآیی روش های موجود را نشان می دهد (۷).



شکل (۶) تأثیر روش های کنترل گرد و غبار در کاهش غلظت گرد و غبار در معادن انگلستان (۳)



شکل (۷) تعداد کارگران معادن زغال سنگ که از طرف مرکز تحقیقات پزشکی مریض تشخیص داده شده اند [(۳)]

جدول (۲) تعداد افراد مبتلا به پنومو کونیوز در معادن انگلستان در سال های مختلف باتوجه به گروه های سنی [(۳)]

Group	Under 30	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-61	62+	Total
Scotland	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
North East	-	-	1	-	-	2	-	-	-	3
North Yorks	-	-	-	-	3	2	1	-	-	6
Selby	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
South Yorks	-	-	1	-	-	-	1	-	-	2
Nottingham	-	-	1	-	-	3	-	-	-	4
Central	-	-	-	-	1	2	-	-	-	3
North Wests	-	-	-	-	1	5	1	-	1	8
South Wales	-	-	-	1	1	1	1	-	-	4
G B Total	-	-	3	1	6	15	5	-	1	31
As at March 1982	-	3	22	62	143	274	908	232	42	1686
As at December 1976	-	5	32	87	189	884	1468	587	1057	4309

۵-۳. معاینه ادواری ریه‌های کارگران با استفاده از اشعه ایکس

در بسیاری از معادن دنیا از جمله معادن زغال سنگ انگلستان، آمریکا و آفریقای جنوبی، معاینه ادواری ریه کارگران با استفاده از اشعه ایکس به طور مرتب انجام می‌گیرد. در معادن زغال سنگ بریتانیا این معاینه ها به صورت داوطلبانه و هر ۵ سال یک بار صورت می گرفت. ولی از سال ۱۹۷۴ پریود معاینه به چهار سال کاهش یافت. دو هدف اصلی از معاینه ها دنبال می‌شود: یکی حراست و محافظت کارگران در مقابل بیماری و دیگری اطمینان از کارآیی روش های کنترل گرد و غبار. نتایج یک بررسی در معادن زغال سنگ انگلستان در بین سال های ۱۹۶۵ تا ۱۹۹۰ در شکل (۷) نشان داده شده است. همچنین تعداد افراد مبتلا به پنوموکونیوز طی سال های ۱۹۷۶ تا ۱۹۸۲ در مورد تعدادی از کارگران زیرزمینی در جدول ۲ درج شده است که کاهش تعداد افراد مبتلا را به وضوح نشان می‌دهد. هر چند که در این مدت به علت مکانیزاسیون از تعداد کارگران نیز کاسته شده است.

۶ ـ اهمیت اقتصادی بیماری‌های شغلی

یک بررسی که در دهه ۱۹۷۰ در معادن چکسلواکی انجام گرفته، نشان می‌دهد که هزینه های پرداختی جهت مداوا و از کارافتادگی به بازماندگان فرد گرفتار، مبلغی در حدود ۳۷۰۰۰۰ مارک خواهد بود. حال باتوجه به مورد بالا به راحتی می‌توان به این نتیجه دست یافت که جلوگیری از ابتلا به بیماری ضمن اینکه از نظر انسانی و اجتماعی به نفع کارفرماست، در عین حال بار مالی بزرگی را از دوش او برمی‌دارد. به عبارت دیگر هزینه مصرفی مداوا و پرداخت غرامتها جهت از کارافتادگی و یا فوت خیلی بیشتر از هزینه های مربوط به جلوگیری است. به همین علت در مراکز تحقیقاتی کشورهای پیشرفته معدنی سالانه میلیون ها دلار در این ارتباط هزینه می‌شود. از جمله در انگلستان، علیرغم کاهش چشمگیر تعداد افراد مبتلا، در سال ۱۹۹۳ حدود ۴۰ میلیون پوند هزینه شده است [(۱)]

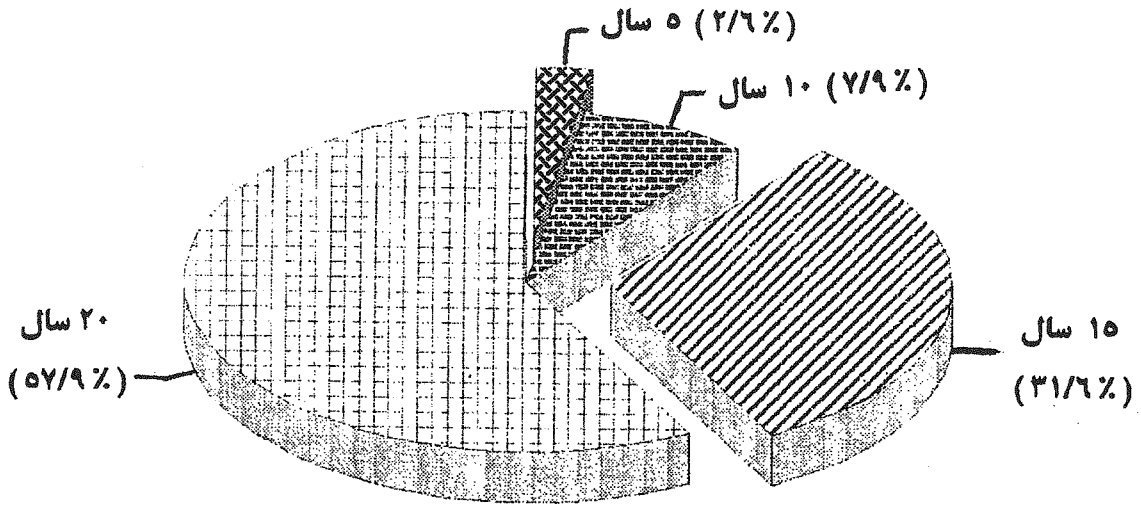
۷ـ وضعیت بیماری در معادن زغال سنگ کرمان

متأسفانه به علت کمی وقت و بعضی مشکلات اداری دستیابی به آمار دقیق امکان پذیر نشد. یک بررسی آماری که بر روی تعداد ۱۵۳ پرونده مربوط به کارگران شاغل در معادن زیرزمینی زغال مناطق مختلف کرمان صورت گرفته است، در جدول ۳ نشان داده شده است [(۱۱)].

نتایج مهمی که می‌توان از این بررسی استخراج کرد، این است که از تعداد ۱۵۳ نفر حدود ۳۵ نفر بعد از ۲۰ سال از کار افتاده اند (حدود ۲۳٪). توزیع افراد مبتلا بر حسب تعداد سال کاری (سابقه کار) در شکل ۸ نشان داده شده است. اگر فرض کنیم که این بررسی آماری صحت داشته باشد و باتوجه به تعداد کارگران زیرزمینی که در مناطق مختلف معادن زغال کرمان مشغول به کار هستند، اهمیت مسئله روشنتر خواهد شد. براساس آمار سال ۱۳۷۲، تعداد کل کارگران استخراج، پیشروی و متفرقه تونلی مناطق مختلف حدود ۳۷۰۰ نفر بوده است [(۱۲)] که اگر یک رابطه خطی بین تعداد افراد مبتلا و تعداد کل پرسنل زیرزمینی فرض کنیم، با یک رقم ۸۴۶ نفری روبه رو خواهیم شد. حال اگر رقم هزینه محاسبه شده در سال ۷۰ میلادی را علیرغم گذشت ۲۵ سال و علیرغم تورم جهانی مبنا قرار دهیم، ضرر و زیان ناشی از این ابتلا مبلغی در حدود ۳۱۳۱۷۰۰۰۰ مارک خواهد بود. موضوع وقتی اهمیت بیشتری می گیرد که بدانیم در این معادن سالانه حدود فقط ۶۸۰۰۰۰ تن زغال تولید می‌شود.

جدول (۳) آمار افراد مبتلا به پنوموکونیوز در معادن زغال سنگ کرمان باتوجه به سابقه کار [(۱۱)] تعداد کارگران مبتلا به بیماری ریوی برحسب مدت زمان انجام کار (براساس نمونه ۱۵۳ تائی)

ردیف	مدت زمان انجام کار (سال)	تعداد کار گران مبتلا به بیماری	ردیف	مدت زمان انجام کار (سال)	تعداد کار گران مبتلا به بیماری
۱	۱ سال	۰	۱۱	۱۱ سال	۱
۲	۲ سال	۰	۱۲	۱۲ سال	۱
۳	۳ سال	۰	۱۳	۱۳ سال	۶
۴	۴ سال	۰	۱۴	۱۴ سال	۲
۵	۵ سال	۱	۱۵	۱۵ سال	۲
۶	۶ سال	۰	۱۶	۱۶ سال	۳
۷	۷ سال	۰	۱۷	۱۷ سال	۴
۸	۸ سال	۰	۱۸	۱۸ سال	۰
۹	۹ سال	۲	۱۹	۱۹ سال	۷
۱۰	۱۰ سال	۱	۲۰	۲۰ سال	۵



شکل (۸) درصد توزیع افراد مبتلا باتوجه به سابقه کاری در معادن زغال سنگ کرمان [(۱۱)]

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

باتوجه به مسائل ذکر شده می‌توان چنین نتیجه گیری کرد که اولاً مسئله جلوگیری از ابتلا به امراض ریوی در معادن زیرزمینی هم از نظر انسانی و هم از نظر اقتصادی به نفع کارفرما است و از طرف دیگر بررسی‌ها نشان می‌دهد تدابیر متداول در معادن کشورهای مختلف کارآیی خوبی داشته و توانسته است، به نحو قابل ملاحظه‌ای از تعداد افراد مبتلا بکاهد. بنابراین در مرحله اول می‌توان بعضی از این روش‌ها را به کار گرفت.

پیشنهاد می‌شود که برای حل این مشکل یک مرکز تحقیقات مبارزه با گرد و غبار در شرکت ملی فولاد ایران با همکاری دانشکده‌های معدن و پزشکی تشکیل شود و ضمن ارائه روش‌های جدید، به کنترل نتایج تدابیر گرفته شده بپردازد. همچنین در دانشکده‌های معدن و پزشکی برای آشنایی هر چه بیشتر مهندسین معدن و پزشکان آینده واحدهای مربوط به کنترل و مبارزه با گرد و غبار گنجانیده شود.

تشکر و قدردانی

نویسنده از همکاری‌های مسئولین شرکت زغال سنگ کرمان به خاطر در اختیار گذاشتن اطلاعات و از آقای مهندس لاری برای گردآوری مطالب، از آقای کامران اسماعیلی دانشجوی بخش معدن به خاطر آماده‌سازی و آقای مهندس مدنی به خاطر ویراستاری و کنترل مقاله تشکر و قدردانی می‌نماید.

زیرنویسها

1 - Dere Metallica

2 - Simple Pneumconosis

3 - Progressive Massive Fibros

4 - mg/m3

5 - mpcf

6 - ppcc

7 - AEC

8 - BMRC

9 - Mist

10 - Fabric

11 - Performance

12 - Gravimetric Dust Sampler

13 - Short - Term Dust Monitor

14 - Particle Size Measurement

مراجع

[1] Sengupata, M. Mine Environmental Engineering, vol 1-Crcpress USA. 1990.

[2] Agricola Dere Metallica. English Tranltion. SME, 1980.

[3] Afacan. A.S The Evaluation of pneumeconiosis in the UK for the Last 20 Years, Mining Engineer August 1993, vol 153, No: 383.

[4] Stoces. B Stiub und Silikose Bekamptung in Bergbau, Akademic-Veriag. prag. 1962.

[5] Larry Gravson. R Estimating the Quartz related Fibrogenetic Potenial of Respirable Coal Mine Dust, New Technology in Mine Health and Safety, SME, 1992.

[6] Lindsay Mundell. R. etal Respirable Dust Control on Longwall Mining Operations in the USA, 2. Int. Mine Ventillation Congress, SME, 1980.

[7] Heising, C, Becker, H. Dust Control in Long Wall Working 2. Int. Mime Ventilation Congress, SME. 1980.

[8] Hamiltion. R. J. French. A. G. Dust Control Using Exhaust Ventilation Techniques in UK Coal Mine, 2. Int. Mine Ventilation Congress, SME, 1980.

[8-a] Khair. A. W. Ahnmad M. Principles of Bit Wear and Dust Generation. New Technology in Mine Health and safty, SME, 1992.

[9] Courtny, G. etal Dust Control by Water Spray and Ventilation 2. Int. Mine Ventilation Congress, SME. 1980.

[10] Mcquaid. J., Technology Transfer to Mining Health and safety, Mining Engineer, vol 153 no. 383 August 1993. vol 153, no:383.

[۱۱] جعفریان لاری حبیب، مبارزه با گرد و غبار. پایان نامه کارشناسی - بخش معدن دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۱۳۷۴.

[۱۲] آمار حوادث ناشی از کار در معادن زغال سنگ کرمان سال ۷۱-۷۲.

[۱۳] صبری عبدا... گزارش گرد و غبار سازمان زغال سنگ ترکیه ۱۸۹۰.