تعیین نیاز های فعلی و آتی ماشینهای چالزنی معدن سنگ آهن چادرملو

محمد عطائی[1]، فرج الله زمانی[2]

۱- عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شاهرود

۲ - شرکت مهندسین مشاور کانی کاوان شرق

Email:Ataei_m@yahoo.com

چکیده

معدن سنگ آهن چادرملو از سال ۱۳۷۶ مورد بهر برداری قرار گرفته است. در حال حاضر مقدار قابل توجهی از عمر مفید تعدادی از ماشین آلات چالزنی موجود باقیمانده است. در این مطالعه در ابتدا شرایط فعلی ماشین آلات چالزنی از نظر ظرفیت کاری مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور داده های عملیاتی – تاریخی این ماشین آلات برای یک دوره یک ساله جمع آوری و سپس این اطلاعات پردازش شده است. مطالعات نشان داده است که با استفاده از سیستم تک ضرب در چالزنی می توان ظرفیت چالزنی در ساعتهای فعال ماشین های موجود را در سنگ آهن و باطله به ترتیب ۱۷و۴۰ درصد افزایش داد. تناسب هندسی ماشین آلات با شاخص های هندسی معدن مورد بررسی قرار گرفته است. بررسی ها نشان داده است که به علت کوتاه بودن بلندی دکل ماشینهای چالزنی، ظرفیت آنها برای حفر چالها بصورت تک ضرب کم است. با توجه به برنامه تولید هفده سال باقیمانده از عمر معدن و بررسی عملکرد آنها در دوره مطالعه، تعداد ماشین آلات چالزنی لازم در سالهای آتی پیش بینی و زمان مناسب برای خرید ماشین آلات جدید پیشنهاد شده است.

واژه های کلیدی : ماشین آلات، چالزنی، معدن، سنگ آهن

۱- مقدمه

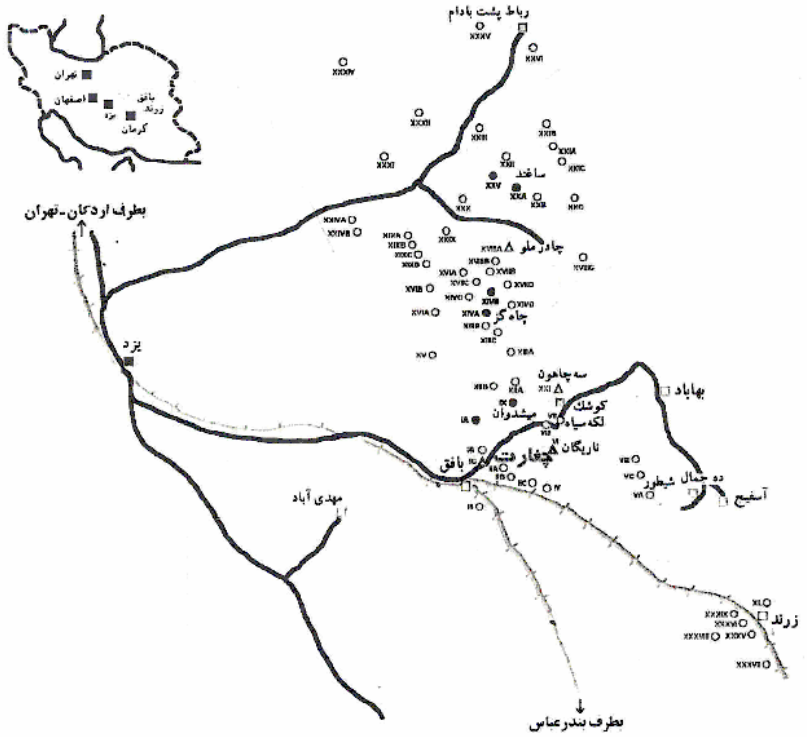
فرآیند تحلیل ماشینهای چالزنی فرآیندی حساس و پیچیده بوده، که از یک سو به طبیعت پیچیده کانسار، طرحهای موجود معدنی و ظرفیت تولید مورد نیاز و از سوی دیگر دامنه وسیع ماشینهای موجود در بازار، موقعیت جغرافیایی معدن و بالاخره سطح آموزش نیروی کار بستگی دارد. همانگونه که ملاحظه می شود اثرات متقابل چندین فاکتور یا معیار باید در نظر گرفته شود لذا تصمیم گیریها اغلب پیچیده و متناقض هستند. بطور سنتی هزینه تهیه ماشینها بعنوان یک معیار اولیه مورد بررسی قرار می گیرد اما هزینه تعمیر و نگهداری آنها درطول حیات آنها مورد توجه قرار نمی گیرد. ارزانترین ماشینها همیشه بهترین و اقتصادی ترین ماشینها نخواهند بود. دامنه بررسی و انتخاب ماشینهای چالزنی جدید برای معدن چادرملو در مقطع

[1] - شاهرود، دانشگاه صنعتی شاهرود، دانشکده مهندسی معدن و ژئوفیزیک، تلفن ۳۳۵۰۹۳۳ - ۰۲۷۳

زمانی فعلی به مراتب محدودتر از حالت های عمومی است زیرا در حال حاضر از عمر مفید ماشینهای چالزنی مقادیر قابل توجهی باقیمانده است. در این مطالعه، در ابتدا با ایجاد یک بانک اطلاعاتی، عملکرد ماشینهای چالزنی مورد بررسی و سپس تعداد ماشین آلات چالزنی لازم در سالهای آتی پیش بینی و زمان مناسب برای خرید ماشینهای چالزنی جدید پیشنهاد شده است.

۲- موقعیت جغرافیایی معدن چادرملو

معدن چادرملو در استان معدن خیز یزد و در طول جغرافیایی ۳۲ درجه و ۱۷ دقیقه و عرض شمالی ۵۵ درجه و ۳۰ دقیقه واقع شده است. فاصله این معدن از شهر یزد ۱۸۰ کیلومتر، از شهرستان بافق ۶۵ کیلومتر و از معدن سنگ آهن چغارت ۵۰ کیلومتر می باشد. موقعیت معدن چادرملو در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی معدن سنگ آهن چادرملو

۳- ذخیره معدن چادرملو

کانسار آهن چادرملو از دو توده شمالی و جنوبی تشکیل شده است. توده شمالی در بر گیرنده ۸۰ درصد ذخیره و دارای عمق ۴۱۰ متر است. این توده در سه نقطه مختلف در سطح زمین رخنمون داشته ولی در عمق یکپارچه می شود. طول و عرض توده شمالی به ترتیب ۹۰۰ و ۳۰۰ متر است. شیب عمومی این توده ۴۰ تا ۶۰ درجه و به سمت شرق - شمال شرق است. توده جنوبی در فاصله ۲۰۰ الی ۳۰۰ متری توده شمالی قرار گرفته است. طول و عرض توده جنوبی به ترتیب ۸۰۰ و ۳۰۰ متر و عمق آن حدود ۱۵۰ متر است. شیب این توده در سطح به سمت شرق و برابر با ۳۵ تا ۴۰ درجه است[۱].

۴- طراحی و تجهیز معدن

محدوده نهائی ۳۰ ساله معدن تعیین شده است که بر اساس این طرح، کف معدن به تراز ۱۳۰۰ متری می رسد. طبق این طرح سالانه حدود ۷/۲ میلیون تن و در طول مدت ۳۰ سال، از توده های شمالی و جنوبی در مجموع ۲۱۲/۹۵ میلیون تن سنگ آهن استخراج خواهد شد. نسبت میانگین باطله برداری استخراج دو توده فوق ۱:۱ تن بر تن برآورد شده است[۲].

بر اساس زمان بندی جدید، در طول هفده سال باقیمانده از بهره برداری معدن چادرملو، در مجموع ۱۴۹/۸۱۲ میلیون تن سنگ آهن از توده های شمالی و جنوبی استخراج خواهد شد. در این مدت جمع سنگ معدن حمل شده به سنگ شکن ها با احتساب حمل از انباشتگاه اکسید به میزان ۲۳/۲۰۲ میلیون تن، به ۱۷۳/۰۱۴ میلیون تن، بالغ خواهد شد. از این مقدار سنگ حدود ۹/۱۱۴ میلیون تن برای تولید لمپ که در کوره های بلند مورد استفاده قرار می گیرد، اختصاص می یابد. میانگین نسبت باطله برداری معدن در طول هفده سال باقیمانده از بهره برداری معدن چادرملو ۰/۶۷:۱ تن بر تن است[۳]. این مطالعه بر اساس زمان بندی تولید هفده سال باقیمانده از عمر معدن انجام شده است.

۵- بررسی عملکرد ماشین آلات چالزنی موجود

۵-۱- ماشینهای چالزنی موجود

در حال حاضر دو ماشین چالزنی با مدل DMH ساخت شرکت اینگرسولراند در معدن فعال می باشد که میانگین کارکرد فعلی آنها ۲۰۹۳۳ ساعت می باشد. از عمر این ماشینها مقدار قابل توجهی باقیمانده است که همین امر نیز به نوبه خود محدودیت دامنه موجه برای انتخاب ماشین آلات را به همراه سایر پارامترهای موثر تشدید می کند.

۵- ۲- وضعیت ماشینهای چالزنی موجود

برآورد و شناخت وضعیت ماشین های چالزنی در شرایط موجود و پیش بینی نحوه استفاده بهینه از این ماشین آلات در اجرای عملیات معدنکاری، از طریق بررسی مجموعه داده های تاریخی عملیات موجود، انجام شده است. با پردازش داده های تاریخی نوع و مدت توقف دستگاهها اعم از توقفهای تعمیراتی و غیر تعمیراتی، نوع و مدت فعالیت انجام شده و شرایط محل کار مشخص شده است. در جمع آوری این اطلاعات، از داده های مندرج در گزارشهای روزانه معدن و همچنین انجام پاره ای زمانسنجی از عملیات عینی دستگاهها، استفاده شده است.

عملکرد تاریخی در کل دوره کاری ماشینها از ابتدا تا کنون بطور مستمر و کامل ثبت نشده است. لذا به منظور بررسی عملکرد ماشینها، داده هائی از جمله زمان کارکرد، حجم عملیات (متراژ و تعداد چال حفرشده)، مدت و علت توقف و خرابی، نوع سنگ و محل کار در برهه زمانی یک ساله (شامل ۳۵۰ روز) ثبت و به صورت یک بانک اطلاعاتی کامل شده است.

اگرچه در پردازش و برداشت داده ها سعی شده کلیه پارامترهای عملیاتی ماشین آلات بطور کاملا مستقل برداشت و پردازش شود، لیکن بدون دقت نظر در این خصوص، تعمیم برخی از نتایج آن به کلیت معدن چه از دیدگاه زمانی و چه طبیعت متغیر خصوصیات سنگهایی که در طول عمر معدن در معرض معدنکاری قرار می گیرد، نتایج مطلوبی به بار نخواهد آورد.

در جدول ۱ وضعیت کارکرد (راهبری، سرویس و تعمیرات) ماشینهای چالزنی در طول دوره تحت بررسی درج شده است. همانگونه که ملاحظه می شود، توقف های تعمیراتی ماشینهای چالزنی، عمدتا از نوع پیش بینی نشده است.

در طول دوره مورد مطالعه، ماشینهای چالزنی فقط هرکدام ۲۰ ساعت تعطیل بوده اند. بنابراین جمع زمان برنامه ریزی شده هر کدام در این مدت، ۸۳۸۰ ساعت بوده است. همچنین نسبت زمان های فعال به زمان برنامه ریزی شده برای ماشینهای چالزنی ۱ و۲ به ترتیب ۶۰/۴ و ۴۹/۷ درصد بوده که متوسط آن ۵۵ درصد می باشد. نسبت تاخیرها به زمان برنامه ریزی شده ماشینهای چالزنی به طور متوسط ۹/۷ درصد و همین نسبت برای تعمیرات حدود ۳۰ درصد بوده است این در حالی است که نسبت تعمیرات به زمانهای فعال ماشینهای چالزنی در حدود ۵۵ درصد بوده که رقم نسبتا بالائی است.

بدلیل ماهیت کاری ماشینهای چالزنی در حال حاضر، انجام هر آتشکاری توام با جابجایی دستگاه بوده است، بنابراین زمانهای توقف ثبت شده ناشی از آتشکاری در گزارشها، عمدتا با جابجایی بین بلوکی نیز همزمان شده است. بر اساس آمار بدست آمده، میانگین مدت هر توقف ناشی از آتشکاری، حدود ۸ ساعت برای هر ماشین چالزنی بوده که رقم نسبتا بالائی است. از بررسی و محاسبه زمان متوسط هر جابجایی در روزهای غیر از آتشکاری، رقم ۴/۷ ساعت (۴ ساعت و ۴۲ دقیقه) بدست آمده، بنابراین برای هر آتشکاری اتفاق افتاده در

حین کار هر ماشین چالزنی ۳ ساعت توقف بعنوان تاخیرهای ناشی از آتشکاری و مابقی آن بابت مدت جابجایی است.

جدول ۱- خلاصه توزیع زمانی کارکرد دستگاههای چالزنی در معدن در دوره مورد مطالعه [۴]

	ماشین ۱	ماشین ۲	جمع
تعداد روزهای کاری	۳۴۹	۳۴۹	۶۹۸
تعداد روزهای آتشکاری	۴۴	۳۸	
زمان آتشکاری (ساعت)	۱۳۲	۱۱۴	۲۴۶
زمان قطع برق - جابجایی و... (ساعت)	۷۴۹/۴	۶۲۸/۲	۱۳۷۷/۶
زمان تاخیرها (ساعت)	۸۸۱/۴	۷۴۲/۱۵	۱۶۲۳/۵۵
زمان فعال در معدن (ساعت)	۵۰۶۳/۱	۴۱۶۶/۴	۹۲۲۹/۵
زمان بیکاری (ساعت)	۴۶۹/۸	۳۹۸/۴	۸۶۸/۲
زمان تعمیرات پیشگیرانه (ساعت)	۶۹/۷۵	۴۵/۵	۱۱۵/۲۵
زمان تعمیرات پیش بینی شده (ساعت)	۰	۳۳۶	۳۳۶
زمان تعمیرات پیش بینی نشده (ساعت)	۱۸۹۵/۹	۲۶۹۱/۶	۴۵۸۷/۵
جمع زمان توقف ناشی از تعمیرات (ساعت)	۱۹۶۵/۷	۳۰۷۳/۱	۵۰۳۸/۸

براساس زمان فعالیت عملی ماشینهای چالزنی در طول دوره مورد مطالعه، شبکه چالزنی، متراژ چالزنی، زمانهای فعال ماشینها و متوسط ظرفیت چالزنی بر حسب متر در ساعت به تفکیک برای سنگ آهن و باطله در جدول ۲ درج شده است. بلوکهایی که فقط در سنگ آهن بوده اند عمدتا با شبکه ۷*۶ و بلوکهایی که در باطله بوده اند با شبکه ۸*۷ چالزنی شده اند. از کل ۸۹۵۸۱ متر چال حفرشده در دوره تحت مطالعه، ۳۰۵۷۸/۷ متر چال درسنگ آهن و ۲۶۷۵۶/۹ متر چال در باطله حفر شده است. بر اساس زمان فعال بودن ماشینهای چالزنی متوسط سرعت چالزنی در سنگ آهن و باطله به ترتیب ۶/۲ و ۱۸/۵ متر بر ساعت بوده است لذا سرعت چالزنی در باطله تقریبا ۳ برابر سرعت چالزنی در ماده معدنی بوده است.

جدول ۲- متوسط سرعت چالزنی در سنگ آهن و باطله در دوره تحت مطالعه[۴]

	ماده معدنی	باطله
شبکه چالزنی	۶ * ۷	۷ * ۸
جمع متراژ چالزنی	۳۰۵۷۸/۶	۲۶۷۵۶/۹
جمع ساعتهای فعال	۴۹۰۸/۶	۱۴۴۸
متوسط ظرفیت چالزنی (متر در ساعت)	۶/۲	۱۸/۵

جدول ۳ میانگین نتایج حاصل از زمان سنجی عملیات چالزنی دستگاههای اصلی معدن را نشان می دهد. زمان سنجی های انجام شده برای دو حالت چالزنی بصورت تک ضرب (Single Pass) و دوضرب (Double Pass) به تفکیک برای سنگ آهن و باطله ثبت شده است. در این جدول پارامترهای جزئی شامل زمان تعویض راد، بازیابی راد ها و مدت جابجایی بدون در نظر گرفتن تاخیرهای حین کار، بر حسب شرایط محل کار درج شده است.

جدول۳- میانگین داده های زمان سنجی شده عملیات غیر تولیدی در چالزنی (دقیقه)[۴]

نوع حفاری	شرایط محل کار	نوع سنگ	بازیابی رادها	جابجایی	تعویض راد	مدت تاخیرها
تک ضرب	مناسب	آهن	۴/۸۵	۴/۷۷		۳۳/۶۲
		باطله	۴/۸۶	۳/۷۹		۸
	ناهموار	آهن	۳/۹۶	۷/۰۷		۹
	جمع		**۴/۶۹**	**۴/۷**		**۵۰/۶۲**
دو ضرب	مناسب	آهن	۱۰/۰۸	۶/۲۸	۵/۱۹	
		باطله	۱۰/۳	۳/۶۱	۵/۰۴	
	نامناسب	آهن	۱۳/۲۲	۱۲/۳۳	۶/۷۲	۳۷/۹۲
		باطله	۷/۷۷	۶/۸۳	۳/۴۷	
	جمع		**۱۱/۷۸**	**۹/۶۵**	**۵/۹۵**	**۳۷/۹۲**
جمع			**۸/۴۴**	**۷/۳۶**	**۵/۹۵**	**۸۸/۵۴**

در طول دوره مورد مطالعه و بر اساس زمان سنجی های انجام شده متوسط زمان حفر چال، سرعت چالزنی و سرعت نفوذ (Penetration rate) به تفکیک برای سنگ آهن و باطله برای حالت تک ضرب و دو ضرب محاسبه و در جدول ۴ درج شده است. قابل ذکر است که در محاسبه سرعت چالزنی مدت زمان تاخیرهای حین کار منظور می شود ولی در محاسبه سرعت نفوذ تاخیرهای مذکور در نظر گرفته نمی شود.

جدول ۴ - زمان حفر چال، ظرفیت چالزنی و سرعت نفوذ برای سنگ آهن و باطله [۴]

	سیستم تک ضرب		سیستم دو ضرب	
	سنگ آهن	باطله	سنگ آهن	باطله
زمان متوسط حفر چال (دقیقه)	۱۴۱/۲	۶۱	۱۶۶/۵۳	۶۳/۶
سرعت چالزنی (متر بر ساعت)	۷/۶۵	۲۱/۸۲	۷/۱۹	۱۸/۲۹
سرعت نفوذ (متر در دقیقه)	۰/۱۴	۰/۴۶	۰/۱۸	۰/۴۵

۵-۳- برآورد ظرفیت بهینه ماشینهای چالزنی

ضریب آمادگی به کار ، ضریب کاربری (Utilization) و ضریب کاربری موثر(Utilization Effective) در طول دوره مورد مطالعه با استفاده از جدول قابل محاسبه است. ضریب آمادگی به کار، درصد زمان های قابل دسترس ماشینهای چالزنی بوده که معادل ۷۰ درصد می باشد. ضریب کاربری، نسبت زمانهای فعال به زمانهای قابل دسترس می باشد که مساوی ۷۸درصد بوده است. ضریب کاربری موثر در واقع درصدی از زمانهای تعریف شده در تقویم کاری است که دستگاه در حال فعالیت تولیدی است. برای محاسبه آن در طول دوره مزبور، بایستی جمع ساعتهای فعال ماشینهای چالزنی (۹۲۲۹/۵ ساعت) را بر زمانهای برنامه ریزی شده (۲۴*۶۹۸ ساعت) تقسیم کرد. این ضریب برای دستگاههای موجود که در نیمه عمر اقتصادی خود هستند، معادل ۵۵ درصد خواهد بود. عملکرد ماشینهای چالزنی در دوره مورد مطالعه نشان می دهد که در وضعیت موجود فقط شاید بتوان ۴ الی ۵ درصد به زمان های فعال ماشینهای چالزنی افزود. در واقع افزودن به توان عملیاتی ماشینهای چالزنی نیازمند تمهیدات دیگر از قبیل تبدیل سیستم چالزنی از حالت دو ضرب موجود به سیستم تک ضرب و همچنین مرز بندی دقیقتر بلوکهای تعریف شده چالزنی با توجه به شرایط زمین شناسی و ایجاد شرایط مناسب در محل های چالزنی است.

بر اساس نتایج حاصله از زمان سنجی ها، با تبدیل سیستم چالزنی ازحالت دوضرب به تک ضرب در شرایط نسبتا مشابه، سرعت چالزنی در باطله و سنگ آهن به ترتیب حدود ۴۰ و ۱۷ درصد افزایش خواهد یافت. همچنین مطابق جدول۳ در صورت ایجاد شرایط مناسب در محلهای چالزنی می توان از زمان های جابجائی کاست که این خود موجب افزایش راندمان کار می شود.

۶- بررسی تناسب ماشینهای چالزنی موجود

مقصود از طراحی معدن رسیدن به یک هدف اقتصادی مشخص است و در اجرای هر طرح معدنی، ابزار و ترکیبی متناسب از ماشین آلات مختلف، مورد نیاز است. اگر چه طبیعت معدن و میزان تولید در انتخاب ماشین های مورد نیاز تعیین کننده است ولی از سوی دیگر ماشین آلات نیز به نوبه خود بر برخی از ابعاد هندسی معدن اثر گذارند. در حالت کلی و در مورد یک معدن جدید، رابطه ماشین آلات با طرح معدن رابطه ای دو سویه است. لازم است رابطه مذکور به گونه ای رقم خورد که حصول به هدف اقتصادی تعیین شده، با حداقل هزینه ممکن شود.

در شرایط فعلی، در معدن چادرملو وضعیت متفاوت است، چرا که از یک سو طرح هندسی معدن (طرح ۳۰ ساله)، میزان تولید (برنامه هفده ساله باقیمانده از عمر معدن) و ارتفاع پله های معدن مشخص است و از سوی دیگر تعدادی ماشین چالزنی وجود دارد که از آغاز بهره برداری تاکنون بخش نسبتاً کمی از عمر مفید آنها صرف انجام عملیات شده است. با چنین مجموعه ای از واقعیات، به بررسی تناسب ماشین آلات چالزنی با

پله های با ارتفاع ۱۵ متر و جایگزینی احتمالی ماشینهای چالزنی با انواع مناسب تر، پس از سپری شدن عمر اقتصادی آنها و بالاخره، تنظیم سالیانه تعداد ماشینها با تغییرات کیفی و کمی تولید برنامه ریزی شده و تغییر سال به سال شرایط و محدودیت های اجرایی پرداخته شده است.

ماشین های چالزنی اصلی به دکل هایی با ظرفیت چالزنی با طول ۱۶/۸ متر و با هدف حفر چال در پله های با بلندی ۱۵ متر در معدن چادرملو تجهیز شده اند. اندازه ضخامت بارسنگ در آرایش چالهایی که معمولاً در معدن چادرملو حفر می شود حدود ۶ تا ۷ متر است. در برآورد های مقدماتی، با این میزان بارسنگ، مقدار اضافه چالزنی می تواند از حدود ۲ تا ۲/۳ متر تغییر کند. ظرفیت چالزنی دکل مورد نیاز در پله های ۱۵ متری با احتساب این مقدار اضافه چالزنی به ۱۷ تا ۱۷/۳ متر می رسد که اگر حدود ۰/۵ متر نیز بابت ناهمواری سطح کارگاه نیز اضافه شود، طول چالها بین ۱۷/۵ تا ۱۷/۸ متر خواهد بود. ارقام اخیر، حدود ۰/۷ تا ۱ متر از حداکثر ظرفیت چالزنی دکل (۱۶/۸ متر) بیشتر است. لذا به علت کوتاه بودن بلندی دکل، ظرفیت آن برای حفر چالهای تک ضرب در پله های ۱۵ متری کافی نیست و به همین خاطر در گذشته چالهای ۱۷ متر به بالا، با روش چند ضرب حفر شده اند. در این روش، حفر چالهایی با این طول بسیار زمان بر بوده و به شدت از ظرفیت چالزنی ماشینها کم می شود.

با مراجعه به کاتالوگ این ماشین ها، ملاحظه می شود که دکل بلندتری با ظرفیت چالزنی با عمق ۱۹/۸ متر، روی دستگاه قابل نصب است که با شرایط فعلی چالزنی و آتشکاری و طرح موجود در معدن چادرملو متناسب تر است.

در این مطالعه محاسبات با فرض تجهیز ماشین های چالزنی مشابه به گزینه تک ضرب، انجام شده است. راه حل دیگر، کاهش ارتفاع پله های معدن است ولی بررسی کاهش ارتفاع پله ها، مستلزم مطالعات عمیق تر و تجدید نظر در بلوک بندی معدن بوده که در حاضر مقدور نیست. ساده ترین راه حل احتمالی، بررسی کاستن از طول اضافه چالزنی و دقت بیشتر در حفر چالها به منظور هموارکردن کف کارگاهها است که اهتمام به آن اکیدا توصیه میشود.

حفر چال با قطر ۲۵۰ میلیمتر نیز با عنایت به تناژ مورد نیاز تولید در سالهای آتی مناسب به نظر می رسد. بر اساس محاسبات انجام شده و بر مبنای آرایشهای چالزنی جاری در معدن، تامین تولید مورد نیاز با استفاده از دو و حداکثر سه دستگاه چالزنی معادل ماشین های موجود ولی با امکانات تک ضرب متناسب، امکان پذیر است. در حال حاضر میزان تولید قطعات بزرگ اندازه حاصل از انفجار چالهای با قطر ۲۵۰ میلیمتر کمتر از ۵ درصد و در حد عادی است. هر چند که بر حسب شرایط با همین ماشین ها امکان تغییر قطر چال از ۲۵۰ تا حداکثر ۳۰۰ میلیمتر نیز میسر است. در صورت نیاز می توان با افزایش قطر سر مته و افزایش نیروی تراست متناسب با آن، بدون اینکه از سرعت چالزنی کسر شود، چالهای با قطر ۳۰۰ میلیمتر حفر کرد. بدیهی است

که لازم است تغییر قطر چال با احتیاط صورت گیرد زیرا این افزایش ممکن است به افزایش درصد وزنی قطعات بزرگ اندازه (Over size) و نیز افزایش درصد ترقیق سنگ آهن استخراج شده و باطله بیانجامد.

۷ - برآورد تعداد ماشینهای چالزنی مورد نیاز در سالهای آتی

برای برآورد تعداد دستگاه های چالزنی مورد نیاز در معدن در سالهای آینده، ظرفیت چالزنی دستگاههای چالزنی معادل ماشین های موجود معدن و میزان تولید سالیانه طبق برنامه زمان بندی ۱۷ ساله در نظر گرفته شده است. برای محاسبه ظرفیت تولید هر ماشین، پارامترهای همچون الگوی آتشکاری، ضریب کاربری موثر دستگاهها و تقویم کاری معدن، رده بندی سنگهای واقع در محدوده استخراجی از نظر قابلیت چالخوری(Drillability) و نرخ نفوذ سرمته (Penetration rate) در هر رده سنگ، نرخ چالزنی در زمانهای فعال دستگاه(Drilling rate)، سهم وزنی هر رده سنگ (اعم از انواع کانسنگ و یا باطله) در تامین تولید لازم است.

۷-۱- الگوی آتشکاری

از آنجا که برآورد پارامترها در طراحی الگوی آتشکاری از قبیل ابعاد شبکه های چالزنی شامل قطر چال، طول چال، بارسنگ و فاصله ردیفی چالها به اطلاعات ژئوتکنیکی و ژئومکانیکی حداقلی در مورد هر رده سنگ نیاز دارد و جمع آوری این قبیل داده ها در مقوله ای دیگر میگنجد، لذا در این خصوص از پارامترهای تجربه شده در معدن استفاده شده است. ابعاد شبکه های چالزنی در حال حاضر در سنگ آهن ۷*۶ متر و در باطله ۸*۷ متر است. قطر چالها ۲۵۰ میلیمتر، طول چالها ۱۸ متر بر اساس پله های ۱۵ متری و ۳ متر اضافه چالزنی و ناهمواری کف پله و چالها به طریق قائم حفر میشوند. چگالی سنگ آهن منیتیتی ۴/۴، چگالی سنگ آهن هماتیتی و کم عیار ۴/۲، چگالی باطله سخت ۲/۸ و چگالی باطله نرم ۲/۷ در نظر گرفته شده است[۲].

۷-۲- تقویم کاری و ضریب کاربری موثر

همانگونه که قبلا گفته شد ضریب کاربری موثر برای دستگاههای موجود که در نیمه عمر اقتصادی خود هستند، بر اساس نتایج حاصله از داده های تاریخی معادل ۵۵ درصد است. این ضریب برای دستگاههای چالزنی موجود با توجه به شرایط جدید چالزنی به روش تک ضرب و وجود زمان کافی برای تعمیرات، ۶۰ درصد منظور میشود. بنابراین بر اساس روال کاری فعلی معدن یعنی روزهای کاری معادل ۳۶۰ روز در سال و ۲۴ ساعت در روز، ساعت مفید کاری در سال برای هر دستگاه برابر است با:

۳۶۰*۲۴*۰/۶ =۵۱۸۴ ساعت

۷-۳- نرخ نفوذ

یکی از پارامترهای مهم در برآورد ظرفیت چالزنی، برآورد قابلیت چالخوری سنگ ها و یا محاسبه متوسط نرخ نفوذ در سنگهای مختلف است. در برآورد این رقم معمولا از روش های آزمایشگاهی، فرمولهای تجربی بر اساس مقاومت فشاری سنگ ها و یا اندازه گیری در حین عمل استفاده می شود. در حال حاضر امکان استفاده از روشهای آزمایشگاهی وجود ندارد. بر اساس روشهای تجربی و بررسی داده های تاریخی در دوره مورد مطالعه نرخ نفوذ بر حسب متر بر ساعت و متر بر دقیقه برای تیپ سنگهای مختلف محاسبه که نتایج آن در جدول ۵ درج شده است.

جدول۵ - برآورد نرخ نفوذ در سنگهای مختلف در معدن سنگ آهن چادر ملو[۴]

	دیوریت					مواد معدنی کم
	آلتره	کنگلومرا	دیوریت	گرانیت	هماتیت	مگنتیت	عیار
شاخص بار نقطه ای (مگاپاسکال)	۱/۱۹	۵/۰۲	۹/۰۱	۹/۱۸	۱۷/۸۸	۱۸/۲	۲۱/۰۶
مقاومت فشاری (مگاپاسکال)	۲۶/۲	۱۱۰/۵	۱۶۳/۱	۲۰۱/۹	۲۵۲	۲۰۳/۹	۲۱۴/۳
نرخ نفوذ (متر در ساعت)	۲۲/۳	۱۳/۵	۱۱/۱	۹/۸۴	۸/۵۳	۹/۰۴	۹/۴۹
نرخ نفوذ (متر در دقیقه)	۰/۳۷۲	۰/۲۲۵	۰/۱۸۵	۰/۱۶۴	۰/۱۴۲	۰/۱۵۱	۰/۱۵۸

۷-۴- برآورد سرعت چالزنی در ساعتهای فعال

سرعت چالزنی در ساعتهای فعال در واقع میزان چالزنی است که دستگاه در حین زمانهای فعالیت چالزنی خود و در مدت معینی انجام میدهد که معمولا بر حسب متر در ساعت محاسبه میشود.

سرعت چالزنی با استفاده از داده های زمان سنجی و تاریخی محاسبه شده است. بدین منظور در ابتدا، زمان های غیر تولیدی در چالزنی با استفاده از ارقام حاصله از نتایج زمان سنجی در حالت تک ضرب و در شرایط مناسب برآورد شده است. مطابق این برآوردها، مدت بازیابی راد ۴/۹ دقیقه برای آهن و باطله و زمان جابجائی دستگاه ۴/۸دقیقه برای سنگ آهن و ۳/۸ دقیقه برای بلوکهای باطله بدست آمده است. سپس با اضافه کردن آن ارقام به زمان نفوذ برای حفر یک چال، کل زمان لازم برای حفر یک چال محاسبه شده است. در نهایت سرعت چالزنی بر حسب متر بر ساعت برای سنگهای مختلف مطابق جدول ۶ محاسبه شده است.

۷-۵- تعیین سهم وزنی هر رده سنگ در تامین تولید سالیانه

در برآورد تعداد ماشین آلات چالزنی در سالهای آتی، نیاز به تفکیک جنس سنگ های استخراجی در سال های مختلف بر حسب قابلیت چالخوری هر یک است. بدین منظور حجم سنگ های مختلف در

سال های آتی و در محدوده معدن بر اساس نقشه های مقاطع و پلان زمین شناسی تعیین شده است که نتایج آنها در جدول ۷ درج شده است.

جدول۶- برآورد سرعت چالزنی در سنگهای در معدن سنگ آهن چادر ملو[۴]

	دیوریت آلتره	کنگلومرا	دیوریت	گرانیت	هماتیت	مگنتیت	مواد معدنی کم عیار
زمان حفر یک چال (دقیقه)	۴۸/۵	۷۹/۹	۹۷/۳	۱۰۹/۸	۱۲۶/۷	۱۱۹/۴	۱۱۳/۹
بازیابی راد (دقیقه)	۴/۹	۴/۹	۴/۹	۴/۹	۴/۹	۴/۹	۴/۹
جابجایی و عملیات (دقیقه)	۳/۸	۳/۸	۳/۸	۳/۸	۴/۸	۴/۸	۴/۸
زمان ۱۸ متر چالزنی (دقیقه)	۵۷/۲	۸۸/۶	۱۰۶	۱۱۸/۵	۱۳۶/۴	۱/۱۲۹	۱۲۳/۶
سرعت چالزنی (متر در ساعت)	**۱۸/۹**	**۱۲/۱۹**	**۱۰/۱۹**	**۹/۱۲**	**۷/۹۲**	**۸/۳۶**	**۸/۷۴**

جدول ۷- میزان تولید سالانه در سالهای آینده به تفکیک برای سنگهای مختلف (میلیون تن)

سال	هماتیت	مگنتیت	مواد معدنی کم عیار	گرانیت و دیوریت	کنگلومرا	دیوریت آلتره	تالوس
۱	۵/۸۱۱	۱/۲۸۷	۰/۲۷۴	۱/۰۵۶	۱/۱۱۹	۲/۹۳۸	۰/۴۸۸
۲	۵/۱۴۰	۲/۱۲۶	۰/۵۸۳	۲/۱۰۸	۰/۷۸۵	۲/۱۵۶	۰/۰۹۳
۳	۴/۵۵۴	۲/۳۳۴	۰/۶۲۷	۰/۶۲۷	۰/۶۵۶	۲/۷۴۶	۰/۸۹۳
۴	۳/۴۶۲	۳/۹۷۲	۱/۰۹۳	۱/۲۱۳	۲/۲۰۶	۲/۰۶۷	۰/۹۲۱
۵	۴/۸۱۸	۳/۴۵۶	۱/۰۸۳	۰/۸۸۱	۲/۴۰۱	۴/۸۵۴	۰/۷۳۱
۶	۵/۸۹۲	۲/۲۱۴	۰/۴۷۹	۱/۲۶۲	۱/۱۳۸	۱/۳۳۳	۳/۶۶۲
۷	۵/۶۷۰	۳/۶۹۶	۰/۸۸۴	۱/۱۶۸	۲/۸۵۷	۰/۵۷۱	۳/۱۹۵
۸	۴/۸۴۸	۴/۷۷۰	۰/۶۸۲	۰/۸۵۰	۱/۱۸۷	۱/۶۸۹	۱/۷۹۱
۹	۴/۳۰۴	۴/۸۹۴	۰/۸۹۰	۰/۹۴۹	۲/۰۷۹	۰/۹۲۳	۱/۳۵۹
۱۰	۲/۱۰۷	۷/۱۳۳	۰/۴۶۹	۱/۰۸۱	۱/۵۹۷	۰/۸۴۴	۱/۳۰۹
۱۱	۱/۱۸۵	۷/۷۱۹	۰/۶۵۲	۰/۸۲۶	۱/۴۶۲	۰/۶۷۹	۰/۲۳۲
۱۲	۰	۹/۵۳۴	۰/۴۰۶	۰/۷۳۲	۱/۴۱۵	۱/۳۰۰	۰/۱۲۱
۱۳	۰	۷/۲۲۴	۰/۱۶۵	۰/۵۶۲	۱/۵۰۵	۰/۸۷۹	۰/۰۳۹
۱۴	۰/۴۳۰	۶/۵۴۲	۰/۵۷۹	۰/۲۱۲	۰/۵۵۸	۱/۰۷۰	۰/۱۳۱
۱۵	۰	۶/۳۸۴	۰/۵۷۹	۰	۰/۳۵۳	۰/۶۳۹	۰
۱۶	۰	۶/۰۹۰	۰/۶۷۰	۰/۴۳۴	۰/۸۱۲	۰/۲۸۳	۰
۱۷	۰	۵/۸۸۰	۱/۰۹۸	۰/۱۶۱	۰/۵۰۲	۰/۲۳۹	۰
جمع	**۴۷/۶۵۱**	**۸۵/۸۲۵**	**۱۱/۷۸۷**	**۱۴/۰۴۲**	**۲۳/۴۹۷**	**۲۴/۵۷۵**	**۱۴/۲۹۹**

۸- برآورد تعداد دستگاههای چالزنی مورد نیاز معدن

جهت برآورد تعداد دستگاههای چالزنی در سالهای مختلف در ابتدا بایستی متراژ چالزنی مورد نیاز در سالهای مختلف محاسبه شود. بدین منظور حجم تولید هر سنگ بر حسب متر مکعب بر حجم تولید هر متر چال تقسیم می شود. سپس با تقسیم متراژ چالزنی در هر رده سنگ بر متوسط سرعت چالزنی متناظر آن، ساعتهای چالزنی مورد نیاز برای هر سنگ در سالهای مختلف محاسبه خواهد شد. حاصل این محاسبات منجر به برآورد جمع ساعتهای چالزنی مورد نیاز در هر سال می شود (جدول ۸). قابل ذکر است برداشت تالوس به چالزنی نیازی ندارد. از تقسیم جمع ساعتهای چالزنی مورد نیاز در هر سال به ساعتهای مفید قابل کار یک دستگاه در سال، تعداد دستگاه چالزنی مورد نیاز در هر سال محاسبه می شود. مسلما با گرد کردن این رقم به سمت بالا، تعداد عملی دستگاههای چالزنی اصلی مورد نیاز در هر سال حاصل خواهد شد. در جدول ۹، نتیجه این محاسبات برای هر سال مشاهده میشود. همانطور که ملاحظه میشود، تعداد دستگاه های چالزنی اصلی تا سال چهارم، دو دستگاه و از سال چهارم به بعد، به علت تغییر در جنس سنگ و مقادیر کار، تعداد دستگاههای چالزنی مورد نیاز بین ۲ و ۳ عدد در نوسان است.

۹- محاسبه زمان جایگزینی ماشین آلات چالزنی

بر اساس تعداد دستگاههای مورد نیاز در هر سال و عمر اقتصادی دستگاهها، زمان افزایش تعداد و یا جایگزینی ماشین های فرسوده با نو مشخص شده است. عمر مفید دستگاه های چالزنی اصلی معمولا بسته به سیستم نگهداری وشرایط کار بین ۵۰۰۰۰ ساعت تا ۱۰۰۰۰۰ ساعت کار مفید در نظر گرفته می شود. بنابه شرایط موجود، میانگین ارقام فوق یعنی ۷۵۰۰۰ ساعت جهت عمر اقتصادی دستگاههای چالزنی منظور شده است. ساعت مفید کاری هر دستگاه با توجه به متوسط کارکرد سالیانه، در حال حاضر تقریبا برابر ۳۲۰۰۰ ساعت برای هر دستگاه می باشد.

تعداد دستگاه های جایگزین شده بر اساس عمر کاری آنها، در جدول ۹ محاسبه شده است. بر اساس این بر آورد، بایستی در سال چهارم و سال چهاردهم جهت افزایش توان چالزنی، هرکدام یک دستگاه، و در سال دهم یعنی در پایان عمر مفید دستگاههای موجود، یک دستگاه مشابه دستگاه های موجود خریداری شود.

جدول ۸- میزان ساعتهای چالزنی مورد نیاز در سالهای آینده

سال	مواد معدنی کم						جمع
	هماتیت	مگنتیت	عیار	گرانیت و دیوریت	کنگلومرا	دیوریت آلتره	
۱	۵۲۷۰/۴۳	۱۰۴۴/۹۳	۱۶۴/۲۰	۸۵۰/۹۶	۷۱۳/۹۳	۱۲۲۷/۰۳	۹۲۷۱/۴۷
۲	۴۶۶۲/۳۱	۱۷۲۵/۴۹	۳۴۹/۷۱	۱۶۹۸/۱۲	۵۰۰/۵۸	۹۰۰/۷۹	۹۸۳۷
۳	۴۱۳۰/۷۶	۱۸۹۴/۳۵	۳۷۶/۵۹	۵۰۵/۴۲	۴۱۸/۵۹	۱۱۴۷/۰۵	۸۴۷۲/۷۵
۴	۳۱۴۰/۵۷	۳۲۲۳/۶۳	۸۷۴/۹۵	۹۷۶/۸۶	۱۴۰۶/۶۳	۸۶۳/۴۷	۱۰۴۸۶/۱۲
۵	۴۳۷۰/۲۴	۲۸۰۵/۰۴	۸۶۶/۸۴	۷۰۹/۸۷	۱۵۳۱/۳۹	۲۰۲۷/۵۰	۱۲۳۱۰/۸۸
۶	۵۳۴۴/۵۵	۱۷۹۶/۷۸	۳۸۳/۶۱	۱۰۶۱/۶۱	۷۲۶	۵۵۶/۸۵	۹۷۲۴/۳۹
۷	۵۱۴۲/۷۵	۳۰۰۰/۰۹	۷۰۷/۵۱	۹۴۰/۸۶	۱۸۲۲/۰۲	۲۳۸/۶۷	۱۱۸۵۱/۹۱
۸	۴۳۹۷/۲۳	۳۸۷۱/۷۹	۵۴۵/۷۶	۶۸۵/۱۰	۷۵۷/۳۲	۷۰۵/۵۷	۱۰۹۶۲/۷۸
۹	۳۹۰۳/۹۹	۳۹۷۲/۲۸	۷۱۲/۵۹	۷۶۴/۱۳	۱۳۲۵//۷۵	۳۸۵/۵۶	۱۱۰۶۴/۳۳
۱۰	۱۹۱۱/۱۲	۵۷۸۹/۷۶	۳۷۵/۵۷	۸۷۰/۴۴	۱۰۱۸/۵۶	۳۵۲/۵۱	۱۰۳۱۷/۹۶
۱۱	۱۰۷۴/۴۶	۶۲۶۵/۷۵	۵۲۱/۴۱	۶۶۵/۶۵	۹۳۲/۳۴	۲۸۳/۵۲	۹۷۴۳/۱۴
۱۲	۰	۷۷۳۸/۶۴	۳۲۵/۳۳	۵۸۹/۹۵	۹۰۲/۴۲	۵۴۳/۱۰	۱۰۰۹۹/۴۲
۱۳	۰	۵۸۶۳/۶۴	۱۳۲/۳۴	۴۵۲/۹۰	۹۵۹/۶۵	۳۶۷/۲۲	۷۷۷۵/۷۵
۱۴	۳۹۰/۱۹	۵۳۰۹/۹۱	۴۶۳/۵۶	۱۷۰/۷۱	۳۵۵/۸۶	۴۴۷/۰۱	۱۰۸۴۵/۲۹
۱۵	۰	۵۱۸۱/۸۲	۴۶۳/۷۸	۰	۲۲۴/۸۳	۲۸۹/۴۶	۱۰۴۴۸/۸۰
۱۶	۰	۴۹۴۳/۱۸	۵۳۶/۵۲	۳۴۹/۸۹	۵۱۷/۸۷	۱۱۸/۳۲	۱۱۲۷۸/۵۶
۱۷	۰	۴۷۷۲/۷۳	۸۷۸/۶۰	۱۲۹/۳۶	۳۲۰/۲۷	۱۰۰/۰۱	۱۱۵۴۵/۰۷

جدول ۹- تعداد ماشین چالزنی لازم، تعداد خرید جدید و زمانهای ذخیره برای سالهای آینده

سال	نعداد ماشین چالزنی لازم		تعداد ماشین چالزنی جایگزین شده	زمان ذخیره شده در روز (ساعت)	زمان ذخیره شده برای هر ماشین (ساعت)
	نظری	عملی			
۱	۱/۷۹	۲		۳/۰۲	۱/۵۱
۲	۱/۸۹۹	۲		۱/۴۵	۰/۷۳
۳	۱/۶۳۶	۲		۵/۲۴	۲/۶۲
۴	۲/۰۲۴	۲	۱	۱۴/۰۴	۴/۶۸
۵	۲/۳۷۷	۲		۸/۹۷	۲/۹۹
۶	۱/۸۹۷	۲		۱/۴۹	۰/۷۴
۷	۲/۲۸۸	۳		۱۰/۲۴	۳/۴۱
۸	۲/۲۲۶	۳		۱۲/۷۱	۴/۲۴
۹	۲/۱۳۶	۳		۱۲/۴۳	۴/۱۴
۱۰	۱/۹۹۲	۲	۱	۰/۱۲	۰/۰۶
۱۱	۱/۸۸۱	۲		۱/۷۱	۰/۸۶
۱۲	۱/۹۵۰	۲		۰/۷۲	۰/۳۶
۱۳	۱/۵۰۱	۲		۷/۱۸	۳/۵۹
۱۴	۲/۰۹۴	۳	۱	۱۳/۰۴	۴/۳۵
۱۵	۲/۰۱۷	۳		۱۴/۱۴	۴/۷۱
۱۶	۲/۱۷۷	۳		۱۱/۸۴	۳/۹۵
۱۷	۲/۲۲۹	۳		۱۱/۱۰	۳/۷۰

۱۰- محاسبه ساعتهای دستگاه ذخیره(Standby)

در محاسبات انجام شده، ماشینی به عنوان ذخیره اضافه نشده است بلکه اختلاف تعداد دستگاه مورد نیاز برآورد شده از عدد صحیح منظور شده، خود به نوعی مولد ساعتهای ذخیره محسوب میشود. در صورت ضرب اختلاف دو عدد فوق در ساعتهای مفید قابل کار در سال و یا در روز، زمان ذخیره بدست می آید. در جدول ۹ ساعتهای ذخیره در سال محاسبه شده است. همچنین میزان ساعتهای مفید چالزنی مورد نیاز در روز نیز برای کل دستگاههای پیش بینی شده، برآورد شده است. دانستن این رقم به تنظیم ساعتهای کاری ماشینهای چالزنی در روز کمک خواهد کرد. به طور مثال در سال هفتم که سه دستگاه وجود دارد، تعداد دستگاههای مورد نیاز ۲/۲۸۸ عدد، تعداد عملی دستگاههای مورد نیاز ۳، تعداد ذخیره ۰/۷۱۲ عدد، زمان ذخیره در روز برای سه دستگاه ۱۰/۲۴ ساعت، زمان ذخیره در روز برای هر دستگاه ۳/۴۱ ساعت می باشد.

۱۱- نتیجه گیری

معدن سنگ آهن چادرملو در استان یزد در ایران مرکزی قرار دارد. سالانه از این معدن حدود ۷/۲ میلیون تن کانسنگ و ۷ میلیون تن سنگ باطله استخراج می شود. کانسار دارای بیش از ۲۰۰ میلیون تن ذخیره استخراجی و ۴۰۰ میلیون تن ذخیره اکتشاف شده است که ۳۵۰ میلیون تن آن در توده شمالی و ۵۰ میلیون تن آن در توده جنوبی است. تا کنون بیش از ۲۰ میلیون تن سنگ اکسیده از این معدن استخراج شده است. همچنین در اثر استخراج، ۶۰ متر از بلندی تپه کاسته شده و پایین ترین پله فعال در تراز ۱۴۶۵ قرار دارد.

در این مطالعه در ابتدا داده های عملیاتی – تاریخی ماشین آلات چالزنی برای یک دوره یک ساله جمع آوری و سپس این اطلاعات پردازش شده است. پس از تشکیل بانک اطلاعاتی، براساس زمان فعالیت عملی ماشینهای چالزنی در طول دوره مورد مطالعه، ساعتهای فعال ماشینها، متوسط سرعت چالزنی و سرعت نفوذ به تفکیک برای سنگ آهن و باطله برای حالت تک ضرب و دو ضرب محاسبه شده است. مطالعات نشان داده است که با استفاده از سیستم تک ضرب در چالزنی می توان سرعت چالزنی در ساعتهای فعال ماشین های موجود را در سنگ آهن و باطله به ترتیب ۱۷و۴۰ درصد افزایش داد. تناسب هندسی ماشین آلات با شاخص های هندسی معدن مورد بررسی قرار گرفته است. بررسی ها نشان داده است که طول چالزنی ماشینهای چالزنی کم است و بایستی دکل بلندتری مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به برنامه تولید هفده سال باقیمانده از عمر معدن و بررسی عملکرد آنها در دوره مطالعه، متراژ چالزنی مورد نیاز در سالهای مختلف ، ساعتهای چالزنی مورد نیاز در هر سال و در نهایت تعداد ماشین آلات چالزنی لازم در سالهای آتی پیش بینی و زمان مناسب برای خرید ماشین آلات جدید پیشنهاد شده است.

مراجع

[۱] ابریشمی ،"*بررسی زمین شناسی و توجیه فنی و اقتصادی سنگ آهن چادرملو*"، مجتمع معدنی و صنعتی چادرملو.

[2] EBE, "*Detail Engineering Services*", Section II; Volume 1،2،3, Ministry of Mines & Metals (Chador-Malu Iron ore Project M.C.M.P)

[۳] دفتر طراحی معدن سنگ آهن چادرملو، (۱۳۸۱)، " *گزارش برنامه تولید ۱۷ سال باقیمانده از عمر معدن*"، مجتمع معدنی و صنعتی چادرملو.

[۴] مهندسین مشاور کانی کاوان شرق، (۱۳۸۱)، *"بررسی ماشین آلات معدنی و تعیین نیازهای فعلی و آتی ماشین آلات و تجهیزات معدن چادرملو"*.