Archive of SID

نشریه علمی پژوهشی «مهندسی معدن» دوره ۱۴، شماره ۴۴، پاییز ۱۳۹۸، صفحه ۱ تا ۱۱
Iranian Journal of Mining Engineering (IRJME) Vol 14, No 44, 2019, pp 1-11

امکان‌سنجی استفاده از گاز متان استحصال‌شده معدن زغال‌سنگ طبس برای تولید برق

مهدی نجفی[1*]، مجید علیدخت[2]، جواد غلام نژاد[3]

[1] دانشیار دانشکده مهندسی معدن و متالورژی دانشگاه یزد، mehdinajafi@yazd.ac.ir
[2] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد استخراج معدن دانشگاه یزد، majid69.alidokht@gmail.com
[3] دانشیار دانشکده مهندسی معدن و متالورژی دانشگاه یزد، j.gholamnejad@yazd.ac.ir

(دریافت: ۸ آبان ۱۳۹۷- پذیرش: ۸ خرداد ۱۳۹۸)

چکیده

گاز متان یکی از گازهای منتشر شده از لایه‌های زغال‌سنگ است که براثر تهویه از معدن خارج می‌شود و در جو (هوا) انتشار می‌یابد. انتشار این گاز علاوه بر تخریب محیط‌زیست، باعث هدر رفتن منبع گسترده‌ای از انرژی نیز می‌شود. بر اساس تحقیقات انجام شده سالانه چندین میلیارد مترمکعب گاز متان از معادن زغال‌سنگ جهان انتشار می‌یابد. به دلیل اهمیت منابع انرژی هم‌اکنون در بسیاری از معادن زغال‌سنگ دنیا عملیات زهکشی در حال انجام است و در این خصوص گاز متان تولید شده در لایه‌های زغال‌سنگ با استفاده از روش‌های خاص جمع‌آوری شده و به وسیله خطوط لوله به خارج از معدن منتقل می‌شود. این گاز بر اساس عیار و مقدار برای تولید برق، فروش و استفاده سرمعدن به کار گرفته می‌شود. معدن زغال‌سنگ طبس تنها معدن زغال‌سنگ مکانیزه کشور است که به روش جبهه‌کار بلند در حال استخراج است. گازخیزی لایه‌های زغالی در منطقه طبس بالا است و از حدود ۱۰ مترمکعب بر تن در عمق ۱۰۰ متر به حدود ۲۰ مترمکعب در عمق ۶۰۰ متری می‌رسد و همین امر باعث شده است که با افزایش عمق مشکلاتی در حین استخراج به وجود آید. برای مقابله با این موضوع در طرح پایه طبس عملیات زهکشی گاز متان از داخل معدن در نظر گرفته شده است. هدف اصلی این تحقیق بررسی امکان استفاده از گاز متان زهکشی شده برای تولید برق در معدن زغال‌سنگ طبس است. بر این اساس با محاسبه هزینه‌های سرمایه‌گذاری و جاری و نیز درآمد حاصل از فروش گاز سنتزی به نیروگاه برق و تشکیل جدول DCF مشخص شده است که مقدار مقدار NPV روش زهکشی گاز متان با نرخ بهره ۱۵ درصد برابر با ۹۵۲٫۴۴ میلیون ریال و IRR حدود ۲۶٫۵ درصد است که نشان‌دهنده توجیه اقتصادی اجرای روش گازکشی برای تامین خوراک گاز یک نیروگاه تولید برق است. به هرحال زهکشی گاز متان در معدن زغال‌سنگ طبس علاوه بر بهره‌وری انرژی و تولید متان به عنوان سوخت، از انتشار این گاز گلخانه‌ای به اتمسفر جلوگیری می‌شود و همچنین احتمال وقوع انفجار ناشی از متان در معادن زغال‌سنگ را نیز کاهش می‌دهد.

کلمات کلیدی

زهکشی گاز، تولید برق، معدن زغال‌سنگ طبس، بررسی فنی و اقتصادی.

* نویسنده مسئول مکاتبات.

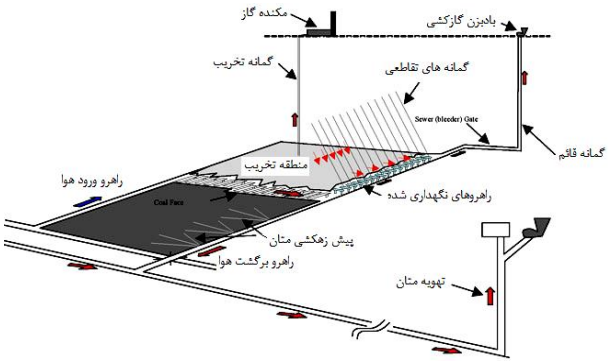
www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

زهکشی متان[1] که گاززدایی زغال‌سنگ نیز نامیده می‌شود به عمل انتقال و بیرون کشیدن گاز موجود در لایه‌های زغال‌سنگ و لایه‌های متصل به آن از طریق چاه، گمانه و خطوط لوله گفته می‌شود [۱-۳]. متان موجود در لایه‌های زغال‌سنگ منبع انرژی کم کربن و تمیزی است که به عنوان سوخت برای مصارف مسکونی، صنعتی و تجاری، تولید الکتریسیته و همچنین سوخت وسایل نقلیه به کار می‌رود [۴]. در حال حاضر CBM با عنوان گاز لایه زغال‌سنگ[2] یا گاز طبیعی لایه زغال‌سنگ[3] تعریف می‌شود. کاربرد این روش سبب بازیابی گاز متان موجود در لایه‌های زغال‌سنگ که در اثر استخراج سنتی هدر می‌رود، می‌شود. همچنین خطرات ناشی از استخراج زیرزمینی زغال‌سنگ و هزینه‌های مربوط به تهویه هوای معدن را کاهش می‌دهد و اثرات مخرب زیست‌محیطی استخراج زغال‌سنگ مانند انتشار گازهای گلخانه‌ای، آلودگی آب‌های سطحی و نظایر آن را از بین می‌برد [۴].

زهکشی گاز متان از لایه‌های زغال‌سنگ در سطح وسیع به سه روش قابل‌اجرا است. هر یک از روش‌ها استانداردها و تجهیزات خاص خود را دارند. این سه نوع روش شامل متان زدایی از داخل لایه زغال‌سنگ، متان‌زدایی از داخل معدن[4] و روش بهبودیافته متان‌زدایی از داخل لایه زغال‌سنگ[5] است. در واقع دو روش CMM و ECBM نیز زیرمجموعه CBM اند. متان‌زدایی از داخل معدن (CMM) یکی از زیرمجموعه‌های CBM است. این روش همانند زهکشی گاز متان، هم‌زمان با عملیات معدنکاری یا پیش از آن قابل انجام است. این عمل بیشتر برای افزایش ایمنی معدن انجام می‌شود. شمایی از روش متان‌زدایی در روش جبهه‌کار بلند در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- شمایی از روش متان‌زدایی جبهه‌کار بلند [۵].

گاززدایی از داخل معدن با استفاده از گمانه‌های افقی، قائم و جهت‌دار قابل انجام است [۶]. گاز متان زهکشی شده از داخل لایه به وسیله خطوط لوله جمع‌آوری و به سطح زمین انتقال داده می‌شود. بر حسب درجه خلوص گاز استفاده‌های گوناگونی از گاز متان استحصال شده می‌شود که از جمله آن می‌توان به تولید برق، سوخت وسایل نقلیه، سوزاندن، خشک کردن زغال‌سنگ و نظایر آن اشاره کرد. در زمینه بررسی فنی و اقتصادی استفاده از گاز استحصال شده از لایه‌های زغال‌سنگ مطالعاتی انجام شده است. در حال حاضر با توسعه روزافزون فرآیندهای متان‌زدایی در دنیا، اطلاعات زیادی موجود است تا شرکت‌ها و کشورها بتوانند بر اساس آن به بررسی منابع هزینه‌ای مورد نیاز در یک پروژه زهکشی گاز بپردازند. هزینه‌های انجام یک پروژه زهکشی گاز بستگی به شرایط جغرافیایی منطقه مورد نظر، توپوگرافی سطح زمین، تجهیزات مورد استفاده، نیروی انسانی مورد نیاز، روش زهکشی متان، عمق گمانه‌ها، پیچیدگی ساختارهای زمین‌شناسی و شرایط معدنکاری دارد. هزینه‌های یک پروژه زهکشی گاز متان، شامل هزینه‌های حفاری گمانه، هزینه‌های سیستم جمع‌آوری گاز در سطح زمین و نیز هزینه‌های دفع و تصفیه آب است [۵].

هزینه‌های سیستم جمع‌آوری گاز شامل هزینه‌های مربوط به خطوط جمع‌آوری گاز، کمپرسورها، کارخانه‌های فرآوری گاز و خطوط انتقال برای رساندن گاز به خطوط لوله سراسری گاز است. در صورتی که از گاز زهکشی شده برای تولید برق استفاده شود، این هزینه‌ها شامل هزینه خطوط لوله، توربین گازی یا موتورهای احتراق داخلی، خطوط انتقال برای اتصال به شبکه، دریچه‌های تهویه ژنراتورها و نظایر آن است. علاوه بر موارد هزینه‌ای یکسری پارامترها و عوامل اقتصادی باید در پروژه‌های تولید برق از گاز متان زهکشی شده را در نظر گرفت که عبارت از کمیت و کیفیت گاز زهکشی شده، تغییرات شدت جریان گاز، هزینه فرصت و افزایش سرمایه مورد نیاز است. با بررسی‌های انجام شده در سال ۲۰۰۸ میلادی هزینه‌های سرمایه‌گذاری برای تولید برق از متان با استفاده از ژنراتورها دارای کیفیت بالای استاندارد بین‌المللی برابر با ۱ تا ۱/۵ دلار به ازای هر مگاوات است و هزینه‌های تعمیر و نگهداری کارخانه تا وارد شدن برق به مدار برابر با ۰/۰۲ تا ۰/۰۲۵ دلار به ازای هر کیلووات ساعت بوده است. از این رو عملکرد اقتصادی یک کارخانه برق بستگی به در دسترس بودن گاز، قابلیت اعتماد تجهیزات (ساعات تعمیر و نگهداری)، مقبولیت برق نزد شبکه سراسری مصرف و نیز سود حاصل شده از این عملیات بستگی دارد. در بعضی موارد، هزینه‌های اضافی ممکن است، تحت تاثیر

[1]- Coalbed Methane (CBM)
[2]- Coal Seam Gas (CSG)
[3] - Coal Seam Natural Gas (CSNG)
[4] - Coal Mine Methane
[5]- Enhanced Coal Bed Methane

www.SID.ir

Archive of SID

شدت جریان گاز و کیفیت آن باشد. بنابراین طراحی موفق یک پروژه نیازمند استفاده از تجهیزات خوب و آزمایش شده، برنامه منظم تعمیر و نگهداری و پایش لحظه به لحظه است. با راه‌اندازی کارخانه تولید برق، تغییرات جریان گاز و نیز کمیت و کیفیت آن در طول عملیات معدنکاری باید ثابت باقی بماند. با استفاده از داده‌هایی که در حین عملیات زهکشی گاز متان ثبت می‌شود می‌توان در مورد مقبولیت گاز برای تولید برق در هر مرحله تصمیم‌گیری کرد و در صورت لزوم گاز بی‌کیفیت و غیرقابل استفاده را سوزاند. به هر حال در صورتی که گاز کیفیت و میزان بالایی داشته باشد، می‌توان موتورهای دیگری به خط تولید برق اضافه کرد. شدت جریان متان خالص ۴ مترمکعب بر دقیقه می‌تواند یک مگاوات برق را تامین کند [۵].

به طور کلی با توجه به نوع استفاده از گاز متان زهکشی شده، میزان هزینه‌ها متفاوت است که در جدول ۱ میزان هزینه‌ها بیان شده است.

ساروسیس[1] و همکاران با استفاده از مدلسازی اقتصادی به بررسی تولید برق از CBM، از لایه‌های عمیق با استفاده از گمانه قائم پرداختند. نتایج محاسبات آن‌ها نشان داده است که احتمال تولید برق از گاز زهکشی شده، ۳۷ مگاوات ساعت و بازگشت سرمایه ممکن است تا ۷۷ درصد برسد [۷]. نجفی و شاکری با مطالعه بر روی معدن زغال‌سنگ طبس به بررسی تاثیر عوامل مختلف بر انتخاب روش گازکشی از معدن زغال‌سنگ طبس پرداخته‌اند. بررسی‌های انجام شده با استفاده از نرم‌افزار کنترل و پیش‌بینی متان (MCP) نشان داده است که پارامتر ضخامت لایه و نیز میزان متان تهویه شده دو پارامتر مهم‌اند که بر تغییر نوع روش گاززدایی اثر دارند [۸].

در ایران معدن زغال‌سنگ طبس به صورت مکانیزه در حال استخراج است و به دلیل گازخیزی بالا، لازم است عملیات

جدول ۱- مزایا و معایب روش‌های مختلف زهکشی متان از لایه‌های زغال‌سنگ [۵].

روش زهکشی متان	روش زهکشی متان	هزینه‌های اصلی	هزینه‌های فرعی	میزان هزینه (دلار بر تن)
پیش زهکشی از داخل معدن	گمانه‌های افقی بلند در امتداد لایه و طول پهنه	متخصصان حفاری و تجهیزات موردنیاز	قطر و طول گمانه	۰٫۴ تا ۳٫۲
	حفاری گمانه در طول پهنه به روش دورانی	حفاری دورانی و تجهیزات	قطر و طول گمانه	۰٫۶ تا ۴
پیش زهکشی از سطح زمین	گمانه قائم همراه با روش شکافت هیدرولیکی	قرارداد با پیمانکاران حفاری، تجهیزات روش شکافت هیدرولیکی، لوله‌گذاری و مهر و موم کردن گمانه	عمق گمانه و تعداد لایه‌های دربرگیرنده آن	۱٫۲ تا ۹٫۶
	حفاری گمانه از سطح زمین به داخل لایه و استفاده از روش حفاری انشعابی	قرارداد با پیمانکاران حفاری، تجهیزات شکافت هیدرولیکی، لوله‌گذاری و مهر و موم کردن گمانه	عمق گمانه و طول جانبی آن در داخل لایه. مشکلات خاص به وجود آمده در حین حفاری	۱ تا ۸
زهکشی از داخل معدن هم‌زمان با معدنکاری	گمانه با آرایش تقاطعی	حفاری چرخشی و تجهیزات	قطر و طول گمانه	۰٫۱ تا ۱٫۶
	گالری‌های زهکشی	ایجاد راهروهای اضافی	فاصله از بالا یا پایین لایه استخراجی	۰٫۳ تا ۱۱٫۲
	گمانه‌های افقی مستقیم	متخصصان حفاری و تجهیزات مربوط به حفاری رو به پایین	مسایل و مشکلات حفاری شعاعی و جهت‌دار	۰٫۵ تا ۴
زهکشی از سطح زمین همراه با معدنکاری	گمانه‌های تخریب	قرارداد با پیمانکاران حفاری، تجهیزات شکافت هیدرولیکی، لوله‌گذاری و مهر و موم کردن گمانه	عمق	۱٫۴ تا ۱۵٫۲

[1]- Sarhosis

www.SID.ir

Archive of SID

زهکشی گاز در این معدن انجام شود. در حال حاضر در این معدن عملیات زهکشی گاز انجام می‌شود و گاز استحصال شده به داخل جو رهاسازی می‌شود. این در حالی است که گاز استحصال شده استفاده‌های گوناگونی دارد. هدف اصلی این تحقیق بررسی فنی و اقتصادی امکان استفاده از متان زهکشی شده از معدن زغال‌سنگ طبس برای تولید برق است که با بررسی هزینه‌ها و درآمد حاصل به بررسی فنی و اقتصادی آن پرداخته شده است.

۲- کاربردهای گاز متان زهکشی شده از لایه‌های زغال‌سنگ

یکی از تصمیمات پیش‌روی صاحبان معادن و شرکت‌ها در متان‌زدایی، برنامه استفاده و فروش این گاز زهکشی شده است. در صورتی که معدن نزدیک خطوط لوله گاز طبیعی قرار داشته باشد، یک مزیت خوب برای صاحبان معادن به شمار می‌رود. از این رو توانایی صاحبان معدن برای فروش گاز اهمیت بالایی در فرآیند متان‌زدایی دارد. به طورکلی کاربردهای گاز زهکشی شده بر اساس کیفیت گاز استحصالی شامل استفاده در تولید برق، سوخت وسایل نقلیه، گاز شهری، سوزاندن و نظایر آن است [۴].

۲-۱- گاز با ارزش حرارتی بالا

گاز با ارزش حرارتی بالا[1] به گازی اطلاق می‌شود که دارای ارزش حرارتی بیشتر از ۹۵۰ Btu[2] بر فوت مکعب استاندارد است و امکان استفاده از آن در خطوط لوله گاز طبیعی وجود داشته باشد (ارزش حرارتی یک گاز، مقدار حرارتی است که در اثر سوختن یک مترمکعب آن گاز ایجاد می‌شود. ارزش حرارتی هر مترمکعب متان تقریبا معادل ارزش حرارتی یک لیتر نفت سفید است به عبارت دیگر چنانچه یک فوت مکعب از آن سوزانده شود، معادل با ۹۹۹ Btu بر فوت مکعب استاندارد انرژی حرارتی آزاد می‌کند که از این لحاظ در مقایسه با دیگر سوخت‌ها بسیار قابل توجه است). در صورتی که سیستم متان‌زدایی در فاصله دوری از خطوط لوله اصلی قرار داشته باشد، می‌توان با جمع‌آوری و فشرده‌سازی آن‌ها را به فروش رساند. از گازهای با ارزش حرارتی بالا می‌توان به عنوان گاز شهری (متان بالای ۹۷ درصد)، استفاده در کارخانجات مواد خام برای تولید آمونیاک، متانول و اسید استیک (متان بالای ۸۷ درصد) و به عنوان سوخت اتوبوس‌ها، تانکرها و اتومبیل‌ها استفاده کرد [۴].

۲-۲- گاز با ارزش حرارتی متوسط[3]

این گازها دارای ارزش حرارتی بین ۳۰۰ تا ۹۵۰ Btu بر فوت مکعب استانداردند. از این گاز استفاده‌های زیادی به شرح زیر می‌شود [۴]:

- به عنوان مخلوط با سایر گازها برای افزایش ارزش حرارتی گاز خط لوله
- همراه با زغال‌سنگ به عنوان سوخت در بویلرهای صنعتی
- به عنوان سوخت در موتورهای احتراق داخلی (متان بالای ۲۰ درصد)
- کاربرد در تاسیسات شیرین کردن آب‌شور (متان بالای ۵۰ درصد)
- به عنوان سوخت در توربین‌های کوچک (متان بالای ۳۵ درصد)
- به عنوان سوخت برای تاسیسات و گرم کردن مکان‌های محل معدن
- استفاده در سلول‌های سوختی (متان بالای ۳۰ درصد)

۲-۳- گاز با ارزش حرارتی پایین[4]

این گاز دارای ارزش حرارتی کمتر از ۳۰۰ Btu بر فوت مکعب استاندارد است. به دلیل کیفیت پایین این گاز، در اکثر معادن به داخل هوا رهاسازی می‌شود. از این رو استفاده از این گاز به عنوان یک منبع انرژی اولیه غیرممکن است. هر چند با گذشت زمان و ورود فناوری‌های جدید باید به بررسی استفاده از این گازها پرداخت. بعضی از موارد استفاده از این گاز به صورت زیر است[۴]:

- تبدیل هوای تهویه به انرژی با استفاده از فناوری‌های اکسیداسیون (متان زیر ۱ درصد).
- استفاده از هوای تهویه به عنوان یک سوخت قابل احتراق در تولید نیرو (متان زیر ۱ درصد).
- استفاده از هوای تهویه ب ەعنوان یک سوخت قابل احتراق در توربین‌های گازی (متان زیر ۱ درصد).

۳- معدن زغال‌سنگ طبس و روش زهکشی گاز آن

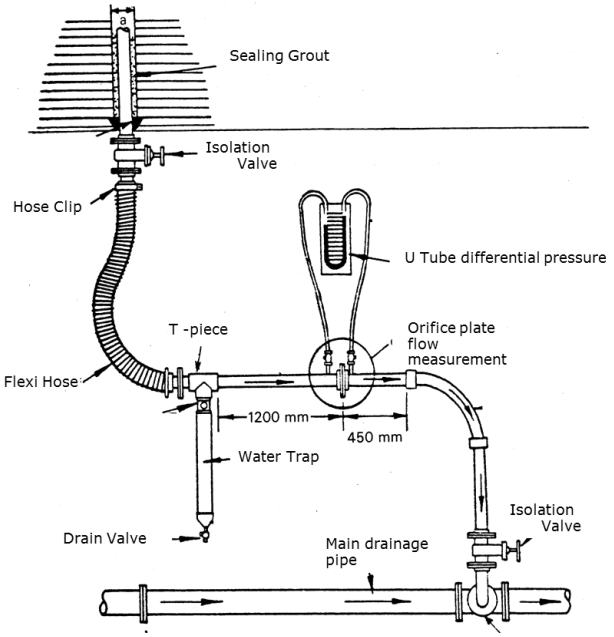
معدن زغال‌سنگ طبس در ۸۵ کیلومتری شهرستان طبس قرار گرفته است. این معدن تنها معدن مکانیزه کشور است که به صورت جبهه‌کار بلند مکانیزه پسرو استخراج می‌شود. ابعاد پهنه‌های استخراجی ۲۲۰ متر و دارای طول متغیر ۱۲۰۰ تا ۱۵۰۰ متر است. ضخامت لایه استخراجی در حدود ۲/۵ تا ۳

[1]- High-Btu Gas
[2]- British Thermal Units
[3]- Medium-Btu Gas
[4]- Low-Btu Gas

www.SID.ir

Archive of SID

متر است. گازخیزی لایه‌های زغالی در منطقه طبس بالا است و از حدود ۱۰ مترمکعب بر تن در عمق ۱۰۰ متر به حدود ۲۰ مترمکعب در عمق ۶۰۰ متری می‌رسد و همین امر باعث شده است با افزایش عمق مشکلاتی در حین استخراج به وجود آید. برای مقابله با این موضوع در طرح پایه طبس عملیات زهکشی گاز متان از داخل لایه زغال‌سنگ در نظر گرفته شده است و به این صورت است که در حین حفر راهروها از داخل آن گمانه‌های افقی با طول حدود ۶۰ متر حفر خواهد شد. علاوه بر گمانه‌های افقی، از گمانه‌های جهت‌دار نیز برای گاززدایی از منطقه تخریب و لایه‌های B_1 و B_2 که در سقف و کف لایه C_1 قرار گرفته و مقدار گاز محتوی بالایی دارند، استفاده خواهد شد [۹]. در دهانه گمانه یکسری حسگرها و شیرها نصب می‌شود که میزان درصد گاز، شدت جریان خروج گاز و نظایر آن را اندازه‌گیری می‌کند و قابل تنظیم شدن‌اند (شکل ۲) [۹].



شکل ۲- اتصال گمانه به لوله انتقال گاز [۹].

گمانه اصلی در پشت ناو زنجیری زره‌دار قرار دارد و گمانه‌های تکمیلی با یک یا چند لوله دیگر به یکدیگر متصل شده و انتقال گاز انجام می‌شود. ابتدا گمانه در یک نقطه که در آن جریان گاز متان درحال افزایش است، حفر شود. به طور موقت گمانه‌هایی که در سقف حفاری می‌شوند، ۴۵ متر طول و ۵ سانتی‌متر قطر دارند و با زاویه ۶۰ درجه نسبت به خط مرزی حفر می‌شوند. گمانه‌های ورودی اصلی دارای ابعاد و زوایای مشابه به گمانه‌های حفر شده در سقف خواهند بود ولی نسبت به مرکز خط ورودی اصلی با زاویه حفاری می‌شوند. گمانه‌های با قطر ۵ سانتی‌متر، ۱۰ متر فشار آب دارند [۹]. برای رسیدن به سیستم تخلیه متان پیشنهادی، حداقل دو گمانه لازم است. ایمن‌سازی با رزین انجام می‌شود و گمانه‌ها با سیمان محکم خواهند شد. قطر لوله‌های انتقال گاز متان استحصالی برای برآورده کردن نیازهای تخلیه متان برای یک سیکل کاری در محدوده راهرو اصلی ۲۵۴ میلی‌متر و در راهروهای فرعی و لوله‌های بازگشت ۲۰۵ میلی‌متر است. این محدوده‌ها باید به سیستم تخلیه متان که در انتهای شبکه و خارج از منطقه قرار دارد، متصل شوند که این ارتباط، با لوله‌های راهرو اصلی به بخش لوله با قطر ۲۰۵ میلی‌متر و سپس به آخرین شیر ورودی محکم شده به لوله‌های قبلی، متصل شود. فشار مکش سطحی باید کمتر از ۰/۵ بار باشد تا بتواند از فشار بالایی برای کارخانه بهره‌برداری بالقوه (در صورت لزوم) استفاده شود و مکش مناسب برای جذب آب انتهای لوله ۵ کیلو پاسکال است. تجهیزات زهکشی متان در سطح زمین حاوی تعدادی از خروجی‌های متان است که به صورت موازی کار می‌کنند و در صورت نیاز می‌توانند مکشی برابر با ۵۰ کیلو پاسکال با سرعت ۳۰۰۰ لیتر بر ثانیه مخلوط گاز و هوا عمل کنند [۹].

۴- بررسی فنی و اقتصادی تولید برق مبتنی بر گازکشی از لایه‌های زغال‌سنگ

موفقیت و شکست در اجرای هر پروژه، به تصمیم‌گیری آگاهانه و منطقی افراد و بنگاه‌های متولی آن پروژه بستگی دارد. با توجه به اهمیت ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها، تحلیل اقتصادی یک پروژه به عنوان یکی از مهم‌ترین روش‌های مقایسه، تصمیم‌گیری و انتخاب از میان مجموعه راهکارها بر اساس شرایط مطلوب اقتصادی تلقی می‌شود. هر پروژه‌ای قبل از انجام باید از نظر مسایل مالی و فنی مورد ارزیابی قرار گیرد و سپس در مورد انجام آن تصمیم‌گیری نهایی انجام پذیرد. در انجام پروژه‌های زهکشی گاز مشابه اکثر پروژه‌ها، مسایل فنی و اقتصادی باید مورد بررسی قرار گیرد. بدین منظور بعد از انجام مطالعات امکان‌سنجی در منطقه مورد مطالعه زهکشی، یک پایلوت آزمایشی طراحی و اجرا می‌شود تا بر اساس آن بتوان به اقتصادی بودن طرح مهر تایید زد. در صورت اقتصادی بودن، پروژه در مقیاس وسیع قابل اجراست. در معدن طبس بعد از انجام عملیات زهکشی، گاز استحصال شده در فضا رهاسازی می‌شود. برای استفاده از گاز یاد شده و کاهش اثرات زیست‌محیطی فرض شده است که گاز استحصال شده بتواند خوراک یک نیروگاه گازی برق را تامین کند. از این رو بعد از طراحی مقدماتی و برآورد هزینه‌ها و درآمد به امکان‌سنجی اقتصادی آن پرداخته شده است (مبنای محاسبه قیمت‌ها سال

www.SID.ir

Archive of SID

۱۳۹۶ است).

۴-۱- پارامترهای اقتصادی زهکشی گاز متان

بعد از برآورد تعداد کارکنان، تاسیسات و تجهیزات مورد نیاز برای اجرای زهکشی گاز متان، بررسی اقتصادی مقدماتی روش زهکشی گاز انجام می‌گیرد. برای بررسی اقتصادی از اطلاعات بیان شده در جدول ۲ به عنوان اطلاعات پایه استفاده شده است. طراحی مقدماتی زهکشی گاز متان انجام شده است. در عمق‌های ۵۰۰ تا ۶۰۰ متر متوسط طول هر پهنه ۱۵۰۰ متر است که در این فاصله در سقف هر ۱۰ متر و در کف هر ۲۰ متر یک گمانه حفر شده و طول این گمانه‌ها حدود ۵۰ متر است[۹]. در کل متراژ حفاری در هر پهنه به میزان ۲۲۵۰۰ متر است. این حفاری‌ها در هر دو طرف پهنه انجام می‌شود.

جدول ۲- اطلاعات‌پایه برای بررسی اقتصادی زهکشی گاز متان.

شرح	واحد	مقدار
زمان آماده‌سازی روش زهکشی گاز	سال	۱
تعداد پهنه زهکشی گاز در سال	عدد	۲
طول پهنه	متر	۱۵۰۰
عرض پهنه	متر	۲۰۰
ارتفاع متوسط پهنه	متر	۲
حجم زغال‌سنگ هر پهنه	مترمکعب	۶۰۰۰۰۰
وزن مخصوص زغال‌سنگ	تن بر مترمکعب	۱٫۶
وزن زغال‌سنگ در هر پهنه	تن	۹۶۰۰۰۰
مقدار متان در هر تن زغال‌سنگ	مترمکعب	۱۷
میزان گاز در هر پهنه	مترمکعب	۱۶۳۲۰۰۰۰
راندمان استخراج	درصد	۵۰
راندمان تولید	درصد	۶۰
میزان گاز تولید شده از یک پهنه	مترمکعب	۴۸۹۶۰۰۰
ارزش استهلاک	-	خطی مستقیم
عمر پروژه	سال	۲۰
قیمت هر مترمکعب گاز	ریال	۲۵۰۰
نرخ بهره	درصد	۱۵
مالیات	-	۹ درصد

هزینه‌های کلی فرآیند شامل هزینه‌های سرمایه‌گذاری، هزینه جاری سالانه و سرمایه در گردش است.

۴-۲- هزینه سرمایه‌گذاری

هزینه سرمایه‌گذاری شامل هزینه‌های خرید دستگاه حفاری و مکنده‌های گاز، هزینه لوله‌گذاری و لوازم وابسته به آن (شیرآلات، اتصالات، حسگرها و نظایر آن)، هزینه تجهیزات و تاسیسات سنگین مورد نیاز در سایت زهکشی گاز (شامل ساختمان‌ها، گمانه‌ها) است که در جدول‌های ۳ تا ۵ بیان شده است و هزینه‌های مربوط از تماس با شرکت‌های مختلف فعال در زمینه گاز طبیعی، افراد صاحب نظر، گزارش طراحی پایه معدن طبس [۹] و گزارشات علمی استخراج شده است.

جدول ۳- برآورد هزینه لوله‌گذاری، ملحقات و تصفیه‌کننده گاز.

شرح هزینه	تعداد	قیمت (میلیون ریال)	جمع (میلیون ریال)
لوله ۱۶ اینچ	۱۷۰۰	۱٫۶	۲۷۲۰
لوله ۲۵ اینچ	۱۰۰۰	۳٫۵	۳۵۰۰
حسگر شدت جریان گاز	۴۰	۳۵	۱۴۰۰
حسگر فشار گاز	۴۰	۶٫۵	۲۶۰
شیرآلات	۴۰	۱۰	۴۰۰
سایر لوازم			۵۰۰۰
جمع کل (میلیون ریال)		۱۳۲۸۰	

* طول لوله‌ها ۶ متر و سنسور فشار از نوع خازنی است.

جدول ۴- برآورد هزینه حفاری، مکنده گاز و طراحی سیستم گازکشی.

شرح هزینه	تعداد	قیمت (میلیون ریال)	جمع
دستگاه حفار گمانه زهکشی	۱	۲٫۷۰۰	۲٫۷۰۰
دستگاه مکنده گاز	۱	۱۵٫۰۰۰	۱۵٫۰۰۰
طراحی سیستم زهکشی گاز	۱	۴٫۰۰۰	۴٫۰۰۰

جدول ۵- برآورد هزینه تجهیز سایت.

شرح هزینه	تعداد	قیمت (میلیون ریال)	جمع
انبار ملزومات	۱	۶۰۰	۶۰۰
مخزن نگهداری گاز	۱	۵٫۰۰۰	۵٫۰۰۰
جمع کل (میلیون ریال)			۵٫۶۰۰

با توجه به محاسبات انجام‌شده در جداول ۳ تا ۵ هزینه‌های دوره‌ی سرمایه‌گذاری در سایت به شرح جدول ۶ است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶- هزینه‌های دوره سرمایه‌گذاری در سایت زهکشی گاز متان.

شرح	مبلغ (میلیون ریال)
لوله‌گذاری و ملحقات و تصفیه‌کننده گاز	۱۳٫۲۸۰
هزینه حفاری	۲٫۷۰۰
هزینه مکنده گاز	۱۵٫۰۰۰
هزینه سایت	۵٫۶۰۰
سایر هزینه‌ها	۴٫۰۰۰
هزینه‌های پیش‌بینی نشده (۵ درصد)	۲٫۰۲۹
جمع کل (میلیون ریال)	۴۲٫۶۰۹

۴-۳- هزینه‌های جاری

هزینه‌های جاری سالانه شامل حقوق و دستمزد (جدول ۷) و هزینه‌های لوله‌کشی و تصفیه‌کننده‌ها (جدول ۸) است. هزینه‌های پیش‌بینی نشده ۵ درصد کل هزینه‌های جاری در نظر گرفته شده است. در جدول ۷ برآورد نیروی انسانی و هزینه آن بیان شده است. تعداد افراد به دست آمده مربوط به سه شیفت کاری است. با توجه به برآورد انجام شده در جدول‌های ۷ و ۸ مقدار هزینه‌های جاری ۹۲۴۰ میلیون ریال برآورد شده است.

جدول ۷- برآورد حقوق و دستمزد سالانه کارکنان.

شرح	دستمزد ماهیانه (میلیون ریال)	تعداد (نفر)	دستمزد سالیانه (میلیون ریال)
حفار	۳۵	۳	۱٫۴۷۰
کمک حفار	۲۰	۳	۸۴۰
لوله‌گذار	۳۰	۳	۱٫۲۶۰
تعمیرات و تامین	۲۲	۶	۱٫۸۴۸
کارگر ساده	۱۷	۶	۱٫۴۲۸
جمع کل (میلیون ریال)			۶٫۸۴۶

جدول ۸- هزینه لوله‌کشی و ملحقات و تصفیه‌کننده.

شرح	کل هزینه سالیانه (میلیون ریال)
هزینه لوله‌کشی و نظایر آن (۱۰ درصد هزینه سرمایه‌ای)	۱٫۳۲۸
هزینه تعمیر و نگهداری (۵ درصد هزینه مکنده و دستگاه حفار)	۰٫۸۸۵
جمع (میلیون ریال)	۲٫۲۱۳

۴-۴- سرمایه در گردش

سرمایه در گردش به میزان ۲۵ درصد هزینه‌های جاری در نظر گرفته شده است.

۴-۵- برآورد هزینه استهلاک

برای محاسبه هزینه استهلاک و عمر تجهیزات بر اساس جداول استهلاک مالیاتی موضوع ماده ۱۴۹ اصلاحی قانون مالیات‌های مستقیم مصوب ۱۳۹۴/۰۱/۳۱ عمل شده است که با روش استهلاک مستقیم مطابق جدول ۹ محاسبه شده است.

جدول ۹- برآورد هزینه استهلاک وسایل و تجهیزات.

شرح	ارزش کل (میلیون ریال)	عمر	استهلاک سالیانه
لوله‌گذاری و ملحقات تصفیه‌کننده گاز	۱۳٫۲۸۰	۱۵	۸۵۵٫۳
دستگاه حفاری گمانه‌های زهکشی	۲٫۷۰۰	۵	۵۴۰
مکنده گاز	۱۵٫۰۰۰	۵	۳٫۰۰۰
ساختمان انبار و مخازن	۵٫۶۰۰	۲۵	۲۲۴

۴-۶- حقوق دولتی سالیانه

طبق تبصره ۱۰ ماده ۳۵ قانون رفع موانع تولید که هدف آن سوق دادن فعالان معدنی به روش‌های نو در استخراج، اکتشاف و فرآوری است، موضوع مورد مطالعه مشمول این قانون بوده و بالطبع آن معاف از پرداخت حقوق دولتی است. در این تحقیق فرض شده است که فقط زغال‌سنگ شامل حقوق دولتی است و گاز استحصال شده حقوق دولتی ندارد.

۴-۷- درآمد حاصل از فروش

برای محاسبه میزان درآمد محصول بر اساس اطلاعات جدول ۳ از ضرب میزان گاز موجود در پهنه در راندمان‌های استخراجی و تولید محاسبه شده است که مقدار آن برابر با ۴,۸۹۶,۰۰۰ مترمکعب است. با در نظر گرفتن این که ارزش هر مترمکعب گاز متان ۲۵۰۰ ریال است، مطابق جدول ۱۰ درآمد کل محاسبه شده است. بر این اساس فرض شده است که این گاز به عنوان خوراک یک نیروگاه گازی برق مورد استفاده قرار گیرد. همچنین فرض شده است که گاز حاصل در سر معدن به فروش برسد و معدن هیچ هزینه‌ای بابت انتقال گاز سرمایه‌گذاری نمی‌کند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱۰- محاسبه درآمد حاصل از فروش متان.

شرح	حجم (مترمکعب)	قیمت (ریال)	جمع (میلیون ریال)
مقدار گاز متان در یک سال (از دو پهنه)	۹,۷۹۲,۰۰۰	۲,۵۰۰	۲۴,۴۸۰

۴-۸- برآورد NPV

در تحلیل اقتصادی روش گازکشی فرضیات زیر به کار گرفته شده است. بر اساس قانون مالیات‌های مستقیم به نظر می‌رسد فعالیت اقتصادی برای زهکشی گاز متان از لایه‌های زغال‌سنگ باید معاف از مالیات باشد. اما با توجه به تفسیرهای متفاوت در هر استان ممکن است نرخ مالیات متفاوت باشد. ملاک محاسبه مالیات اعلام نرخ مالیات بر اساس بند الف ماده ۱۵۴ قانون مالیات‌های مستقیم مصوب اسفندماه ۱۳۶۶ و اصلاحیه‌های بعدی آن است که اساس همه آن‌ها ماده ۱۳۲ قانون یاد شده است. در این طرح با توجه به محتمل‌ترین تفسیر از قانون مالیات‌های مستقیم، نرخ مالیات ۹ درصد در نظر گرفته شده است.

همان‌طور که بیان شد محاسبه هزینه استهلاک (لوله‌ها، دستگاه حفاری، مکنده هوا و ساختمان‌ها) به روش خطی مستقیم در نظر گرفته شده است.

در محاسبه NPV نرخ بهره ۱۵ درصد در نظر گرفته شده است.

ارزش اسقاطی در پایان عمر پروژه، صفر در نظر گرفته شده است.

بابت تعمیرات اساسی و به روزرسانی تجهیزات، تاسیسات و ماشین‌آلات مطابق جدول ۱۱ که به صورت مستقیم مستهلک شده است، سرمایه‌گذاری مجدد انجام شده است.

جدول ۱۱- نحوه سرمایه‌گذاری مجدد.

شرح	ارزش کل	عمر (سال)
لوله‌گذاری و ملحقات تصفیه‌کننده گاز	۱۳,۲۸۰	۱۵
دستگاه حفاری گمانه‌های زهکشی	۲,۷۰۰	۵
مکنده گاز	۱۵,۰۰۰	۵
ساختمان انبار و مخازن	۵,۶۰۰	۲۵

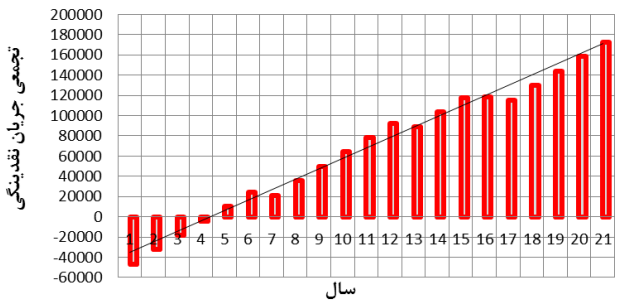
در محاسبه شاخص NPV در واقع سرمایه‌گذاری در طرح با سرمایه‌گذاری در یک بازار با نرخ سود سالانه i که همان نرخ بهره است و ب ه‌نوعی حداقل نرخ مورد انتظار از سرمایه‌گذاری است، مقایسه می‌شود. بر این اساس در صورتی که رقم محاسبه شده برای این شاخص در یک طرح خاص و بر اساس نرخ بهره تعیین شده، منفی شود این طرح دارای نرخ سود سالانه کمتر از i است و بنابراین توجیه‌پذیر نخواهد بود و در صورتی که این رقم صفر و یا مثبت شود نشانگر آن است که طرح دارای نرخ بازدهی حداقل معادل نرخ بهره (نرخ مورد انتظار از سرمایه‌گذاری) است. با توجه به جریان نقدینگی (جدول ۱۲) مقدار NPV روش زهکشی گاز متان با نرخ بهره ۱۵ درصد برابر با ۹۵۲/۴۴ میلیون ریال است که نشان‌دهنده توجیه اقتصادی اجرای روش گازکشی برای تامین خوراک گاز یک نیروگاه تولید برق است.

۴-۹- برآورد IRR

شاخص IRR[1] از جمله پرکاربردترین شاخص‌های مالی است که می‌توان با استفاده از آن توجیه‌پذیری مالی طرح را در مقایسه با شرایط معمول سرمایه‌گذاری در کشور و آن صنعت خاص به دست آورد. بر اساس نمودار NPV نسبت به نرخ بهره، شاخص نرخ بازگشت داخلی محل تلاقی نمودار با محور افقی است. بنابراین شاخص IRR نرخ بهره‌ای است که به ازای آن نرخ بهره، شاخص NPV طرح معادل صفر شود. نرخ بازگشت داخلی (IRR) معادل نرخ سودی است که سرمایه‌گذار می‌تواند با سرمایه‌گذاری در یک طرح به دست آورد. نرخ بازگشت داخلی با توجه به جدول ۱۲ محاسبه شده است. بر اساس محاسبات انجام شده نرخ بازگشت سرمایه اجرای گازکشی با هدف تامین خوراک یک نیروگاه برق، برابر با ۲۶/۵ درصد است.

۴-۱۰- دوره بازگشت سرمایه[2]

برای تعیین دوره بازگشت سرمایه، ابتدا ارزش تجمعی پروژه در سال‌های مختلف محاسبه شده است. نقطه‌ای که در آن ارزش تجمعی مثبت می‌شود، نشان‌دهنده دوره بازگشت سرمایه است. در شکل ۳ سال بازگشت سرمایه نشان داده شده است. با توجه به شکل ۳ واضح است که دوره بازگشت سرمایه ۴/۵ سال است.



شکل ۳- دوره بازگشت سرمایه.

[1]- Internal Rate of Return
[2]- Pay Back Period

www.SID.ir

www.SID.ir

جدول ۱۲- جدول جریان نقدینگی تولید برق از گاز زهکشی شده از معدن طبس

شرح	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
درآمد سالانه	۰.۰۰	۲۴,۴۸۰.۰۰	۲۴,۴۸۰.۰۰	۲۴,۴۸۰.۰۰	۲۴,۴۸۰.۰۰	۲۴,۴۸۰.۰۰	۲۴,۴۸۰.۰۰	۲۴,۴۸۰.۰۰	۲۴,۴۸۰.۰۰	۲۴,۴۸۰.۰۰	۲۴,۴۸۰.۰۰
هزینه جاری سالانه	۰.۰۰	۹,۲۴۰.۱۸	۹,۲۴۰.۱۸	۹,۲۴۰.۱۸	۹,۲۴۰.۱۸	۹,۲۴۰.۱۸	۹,۲۴۰.۱۸	۹,۲۴۰.۱۸	۹,۲۴۰.۱۸	۹,۲۴۰.۱۸	۹,۲۴۰.۱۸
هزینه استهلاک		۴,۶۴۹.۳۳	۴,۶۴۹.۳۳	۴,۶۴۹.۳۳	۴,۶۴۹.۳۳	۴,۶۴۹.۳۳	۴,۶۴۹.۳۳	۴,۶۴۹.۳۳	۴,۶۴۹.۳۳	۴,۶۴۹.۳۳	۴,۶۴۹.۳۳
در آمد مشمول مالیات		۱۰,۵۹۰.۴۹	۱۰,۵۹۰.۴۹	۱۰,۵۹۰.۴۹	۱۰,۵۹۰.۴۹	۱۰,۵۹۰.۴۹	۱۰,۵۹۰.۴۹	۱۰,۵۹۰.۴۹	۱۰,۵۹۰.۴۹	۱۰,۵۹۰.۴۹	۱۰,۵۹۰.۴۹
مالیات		۹۵۳.۱۴	۹۵۳.۱۴	۹۵۳.۱۴	۹۵۳.۱۴	۹۵۳.۱۴	۹۵۳.۱۴	۹۵۳.۱۴	۹۵۳.۱۴	۹۵۳.۱۴	۹۵۳.۱۴
نقد رسیده	۰.۰۰	۱۴,۲۸۶.۶۸	۱۴,۲۸۶.۶۸	۱۴,۲۸۶.۶۸	۱۴,۲۸۶.۶۸	۱۴,۲۸۶.۶۸	۱۴,۲۸۶.۶۸	۱۴,۲۸۶.۶۸	۱۴,۲۸۶.۶۸	۱۴,۲۸۶.۶۸	۱۴,۲۸۶.۶۸
سرمایه گذاری ثابت	۴۲,۶۰۹.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۱۷,۷۰۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
سرمایه در گردش	۲,۳۱۰.۰۰										
نقد رفته	۴۴,۹۱۹.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۱۷,۷۰۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
جریان نقدینگی	-۴۴,۹۱۹.۰۰	۱۴,۲۸۶.۶۸	۱۴,۲۸۶.۶۸	۱۴,۲۸۶.۶۸	۱۴,۲۸۶.۶۸	۱۴,۲۸۶.۶۸	-۳,۴۱۳.۳۲	۱۴,۲۸۶.۶۸	۱۴,۲۸۶.۶۸	۱۴,۲۸۶.۶۸	۱۴,۲۸۶.۶۸

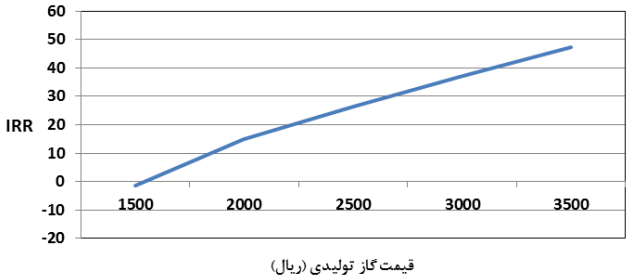
شرح	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰
درآمد سالانه	۲۴,۴۸۰.۰۰	۲۴,۴۸۰.۰۰	۲۴,۴۸۰.۰۰	۲۴,۴۸۰.۰۰	۲۴,۴۸۰.۰۰	۲۴,۴۸۰.۰۰	۲۴,۴۸۰.۰۰	۲۴,۴۸۰.۰۰	۲۴,۴۸۰.۰۰	۲۴,۴۸۰.۰۰
هزینه جاری سالانه	۹,۲۴۰.۱۸	۹,۲۴۰.۱۸	۹,۲۴۰.۱۸	۹,۲۴۰.۱۸	۹,۲۴۰.۱۸	۹,۲۴۰.۱۸	۹,۲۴۰.۱۸	۹,۲۴۰.۱۸	۹,۲۴۰.۱۸	۹,۲۴۰.۱۸
هزینه استهلاک	۴,۶۴۹.۳۳	۴,۶۴۹.۳۳	۴,۶۴۹.۳۳	۴,۶۴۹.۳۳	۴,۶۴۹.۳۳	۴,۶۴۹.۳۳	۴,۶۴۹.۳۳	۴,۶۴۹.۳۳	۴,۶۴۹.۳۳	۴,۶۴۹.۳۳
در آمد مشمول مالیات	۱۰,۵۹۰.۴۹	۱۰,۵۹۰.۴۹	۱۰,۵۹۰.۴۹	۱۰,۵۹۰.۴۹	۱۰,۵۹۰.۴۹	۱۰,۵۹۰.۴۹	۱۰,۵۹۰.۴۹	۱۰,۵۹۰.۴۹	۱۰,۵۹۰.۴۹	۱۰,۵۹۰.۴۹
مالیات	۹۵۳.۱۴	۹۵۳.۱۴	۹۵۳.۱۴	۹۵۳.۱۴	۹۵۳.۱۴	۹۵۳.۱۴	۹۵۳.۱۴	۹۵۳.۱۴	۹۵۳.۱۴	۹۵۳.۱۴
نقد رسیده	۱۴,۲۸۶.۶۸	۱۴,۲۸۶.۶۸	۱۴,۲۸۶.۶۸	۱۴,۲۸۶.۶۸	۱۴,۲۸۶.۶۸	۱۴,۲۸۶.۶۸	۱۴,۲۸۶.۶۸	۱۴,۲۸۶.۶۸	۱۴,۲۸۶.۶۸	۱۴,۲۸۶.۶۸
سرمایه گذاری ثابت	۱۷,۷۰۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۱۳,۲۸۰.۰۰	۱۷,۷۰۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
سرمایه در گردش										
نقد رفته	۱۷,۷۰۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۱۳,۲۸۰.۰۰	۱۷,۷۰۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
جریان نقدینگی	-۳,۴۱۳.۳۲	۱۴,۲۸۶.۶۸	۱۴,۲۸۶.۶۸	۱۴,۲۸۶.۶۸	۱,۰۰۶.۶۸	-۳,۴۱۳.۳۲	۱۴,۲۸۶.۶۸	۱۴,۲۸۶.۶۸	۱۴,۲۸۶.۶۸	۱۴,۲۸۶.۶۸

Archive of SID

Archive of SID

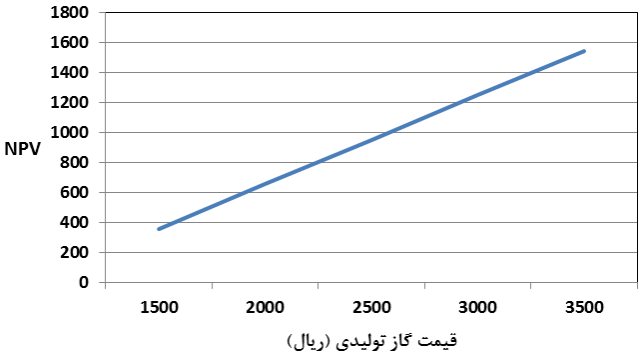
۵- تحلیل حساسیت پروژه

به دلیل اثرگذاری بالای قیمت فروش گاز، هزینه‌های جاری، نرخ تنزیل و نرخ تورم بر پارامترهای NPV و IRR در این بخش به تحلیل حساسیت پروژه نسبت به این پارامترها پرداخته شده است. در شکل ۴ روند و تغییرات شاخص IRR نسبت به قیمت گاز تولیدی نشان داده شده است. همان‌گونه که از شکل مشخص است با افزایش قیمت گاز تولیدی شاخص IRR نیز افزایش می‌یابد. همچنین در صورتی که قیمت گاز از ۲۰۰۰ ریال کمتر شود با در نظر گرفتن حداقل نرخ بهره جذب‌کننده برابر با ۱۵ درصد، انجام پروژه غیراقتصادی می‌شود.



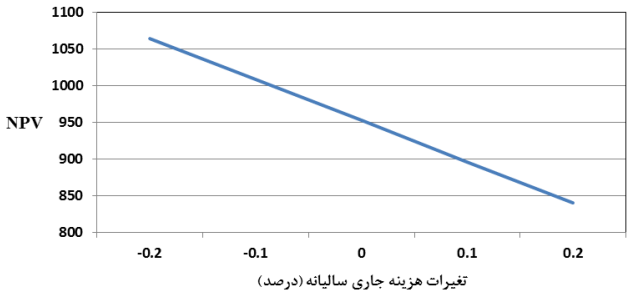
شکل ۴- تغییرات IRR نسبت به قیمت گاز تولیدی.

شکل ۵ روند تغییرات NPV را نسبت به تغییرات قیمت گاز تولیدی نشان می‌دهد. همان‌گونه که از شکل مشخص است با افزایش قیمت گاز تولیدی NPV نیز افزایش می‌یابد.



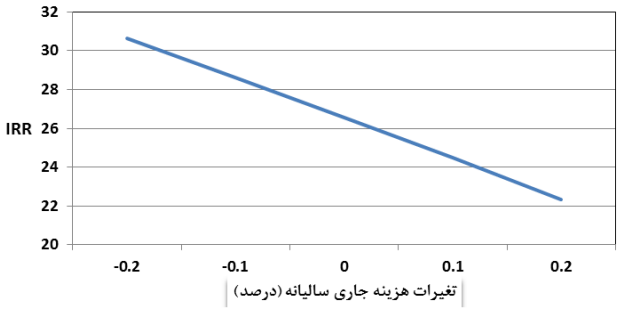
شکل ۵- تحلیل حساسیت NPV نسبت به قیمت گاز تولیدی

شکل ۶ روند تغییرات NPV را نسبت به تغییرات هزینه جاری نشان می‌دهد. همان‌گونه که از شکل مشخص است با افزایش هزینه‌های جاری مقدار NPV کاهش می‌یابد. همچنین مشخص است با افزایش هزینه‌ها تا حدود ۲۰ درصد مقدار پیش‌بینی شده پروژه همچنان اقتصادی است.



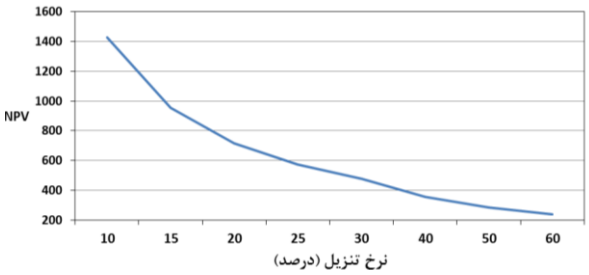
شکل ۶- تغییرات NPV پروژه نسبت به کاهش یا افزایش هزینه جاری سالیانه.

شکل ۷ روند تغییرات IRR را نسبت به تغییرات هزینه جاری نشان می‌دهد. همان‌گونه که از شکل مشخص است با افزایش هزینه‌های جاری مقدار IRR کاهش می‌یابد. همچنین مشخص است با افزایش هزینه‌ها تا حدود ۲۰ درصد مقدار پیش‌بینی‌شده و با در نظر گرفتن حداقل نرخ بهره جذب‌کننده برابر با ۱۵ درصد، انجام پروژه همچنان اقتصادی است.



شکل ۷- تغییرات IRR نسبت به کاهش یا افزایش هزینه جاری سالیانه.

شکل ۸ روند تغییرات NPV را نسبت به نرخ تنزیل نشان می‌دهد. همان‌گونه که از شکل مشخص است با افزایش نرخ تنزیل مقدار NPV کاهش می‌یابد. نکته قابل توجه این است که این کاهش خطی نیست و بیشتر به صورت سهمی است. افزایش نرخ تنزیل از ۱۰ درصد به ۶۰ درصد سبب می‌شود NPV به مقدار ۱۱۹۰ میلیون ریال کاهش یابد.



شکل ۸- تغییرات NPV نسبت به نرخ تنزیل.

www.SID.ir

Archive of SID

۶- نتیجه‌گیری

در حال حاضر در معدن زغال‌سنگ طبس عملیات زهکشی انجام می‌شود و گاز استحصال شده به داخل جو رهاسازی می‌شود. این در حالی است که گاز استحصال شده استفاده‌های گوناگونی دارد. بر این اساس، ضرورت استفاده از گاز استحصال شده برای تولید برق از این معدن مورد بررسی قرارگرفت که مهم‌ترین نتایج به دست آمده به شرح زیر است:

- هزینه سرمایه‌گذاری شامل هزینه‌های خرید دستگاه حفاری، خرید مکنده‌های گاز، لوله‌گذاری و لوازم وابسته به آن (شیرآلات، اتصالات، حسگرها و نظایر آن)، هزینه تجهیزات و تاسیسات سنگین مورد نیاز در سایت زهکشی (شامل ساختمان‌ها، گمانه‌ها)، است که مبلغ کل آن برابر ۴۲۶۰۹ میلیون ریال برآورد شد.
- هزینه‌های جاری سالانه شامل حقوق و دستمزد، هزینه‌های لوله‌کشی و تصفیه‌کننده‌ها است که به ترتیب مقدار آن‌ها برابر ۶۸۴۶ و ۲۲۱۳ میلیون ریال برآورد شد.
- مقادیر NPV و IRR به ترتیب برابر با ۹۵۲٫۴۴ میلیون ریال و ۲۶٫۵ درصد برآورد شد که حاکی از اقتصادی بودن روش است.
- نتایج تحلیل حساسیت نسبت به قیمت گاز تولیدی نشان داد که در صورتی که قیمت گاز از ۲۰۰۰ ریال کمتر شود با در نظر گرفتن حداقل نرخ بهره جذب‌کننده برابر با ۱۵ درصد، انجام پروژه غیراقتصادی می‌شود. همچنین با افزایش هزینه‌های جاری تا حدود ۲۰ درصد مقدار پیش‌بینی شده و با در نظر گرفتن حداقل نرخ بهره جذب‌کننده برابر با ۱۵ درصد، انجام پروژه همچنان اقتصادی است.

منابع

1. Karacan, C. Ö., F. A. Ruiz, M. Cotè and S. Phipps (2011). "Coal mine methane :a review of capture and utilization practices with benefits to mining safety and to greenhouse gas reduction." International journal of Coal Geology 86(2-3): 121-156.
2. Thakur, P. (2014). Coal seam degasification. Coal Bed Methane: From Prospect to Pipeline, 155.
3. Moore, T. A. (2012). Coalbed methane: a review. *International Journal of Coal Geology*, *101*, 36-81.
۴. نجفی، م.، شاکری، م.، (۱۳۹۶)، عوامل موثر در انتخاب سیستم گازززدایی در معدن زغال‌سنگ طبس. نشریه علمی پژوهشی مهندسی معدن، دوره دوازدهم، شماره ۳۷، ص ۵۳-۶۴.
5. United Nations. Economic Commission for Europe, and Methane to Markets Partnership. (2010). *Best practice guidance for effective methane drainage and use in coal mines* (No. 31). United Nations Publications.
6. William P. D., (1994). Methane Control for Underground Coal Mines. United state Department of the interior Bruce Babbitt, Secretary, and Bureau of mines.
7. Sarhosis, V., Jaya, A. A., Thomas, H. R. (2016). Economic modelling for coal bed methane production and electricity generation from deep virgin coal seams. *Energy*, *107*, 580-594.
8. USEPA (U.S. Environmental Protection Agency), (1999). Guidebook on Coalbed Methane Drainage for Underground Coal Mines. Cooperative Agreement No. CX824467-01-0 with the Pennsylvania State University by Jan M. Mutmansky.
9. Anon, (2005). Basic Design of Tabas Coal Mine Project, Report-Mining. Vol 1 of 5.

www.SID.ir