بررسی ضرورت ایجاد مخازن زیرزمینی ذخیره‌سازی گاز طبیعی در استان خراسان رضوی

میثم رجبی[1*]، احسان جان‌بیگی[1]، احسان اسماعیل‌نژاد[2]

۱. ایران، خراسان جنوبی، بیرجند، دانشگاه صنعتی بیرجند، دانشکده مهندسی معدن.

۲. ایران، خراسان رضوی، سبزوار، دانشگاه حکیم سبزواری، دانشکده مهندسی نفت و پتروشیمی.

نویسندهٔ مسئول ایمیل: m.rajabi@birjandut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۰۴

چکیده

بر اساس مطالعات انجام گرفته، بیشترین افزایش مصرف در بین منابع انرژی در سال‌های، آتی مربوط به گاز طبیعی می‌باشد. افزایش مصرف گاز از یک طرف و وجود اوج مصرف در فصل‌های سرد سال از طرف دیگر، اهمیت ذخیره‌سازی گاز طبیعی را در استان خراسان رضوی نشان می‌دهد؛ زیرا خلف وعده کشورهای شمالی در تأمین سوخت این قطب جمعیتی کشور، در بسیاری موارد، موجب بروز مشکلاتی شده است؛ در نتیجه، با در اختیار داشتن یک مخزن ذخیره‌سازی گاز می‌توان توانایی کشور را در انعقاد قراردادهای واردات و صادرات گاز افزایش داد. از بین روش‌های مختلف ذخیره‌سازی، ذخیره‌سازی زیرزمینی بهترین گزینه است. در این مقاله، هدف، بررسی ضرورت ایجاد این‌گونه مخازن در استان خراسان رضوی است. بدین منظور، مصارف عمده گاز استان در چند سال گذشته، مطالعه شد و نحوه مصرف گاز در ماه‌های مختلف سال برای این مصرف‌کننده‌ها بررسی گردید. بر اساس بررسی‌های انجام شده، وجود مخازن زیرزمینی گاز در استان می‌تواند گزینه چاره‌ساز و در عین حال اقتصادی در زمینه عرضه گاز در ماه‌های سرد سال و تأمین گاز استان‌های مجاور باشد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، مناطقی در شمال‌غربی مشهد (در ناحیه طرقبه)، مرکز کلات و جنوب‌غربی سرخس برای حفر مغار سنگی ذخیره‌سازی گاز، بسیار ایده‌آل بودند.

کلمات کلیدی: ذخیره‌سازی گاز طبیعی، مخازن زیرزمینی، ضرورت ایجاد مخازن، استان خراسان رضوی.

۱. مقدمه

عملیات ذخیره‌سازی گاز طبیعی در مخازن زیرزمینی که اولین‌بار در سال ۱۹۱۵ میلادی در ولاندکانتی کانادا انجام گرفت، امروزه به‌صورت یک بحث بزرگ و اساسی در سیستم توزیع گاز درآمده است. با توسعه بازارهای گاز و فراتر رفتن آن از حدود منطقه تولیدی مخازن، ذخیره‌سازی نقش عمده‌ای در توازن عرضه و تقاضا در شبکه خط لوله دارد؛ به‌طوری که مخازن ذخیره‌سازی، این امکان را به سیستم خط لوله می‌دهد تا در تمامی فصول سال با حداکثر ظرفیت عمل کند. علاوه بر این، در سالیان اخیر، بحث ذخیره‌سازی دی‌اکسیدکربن به‌طور گسترده‌ای مطرح و اجرایی شده است که نه‌تنها اهداف زیست‌محیطی در راستای کنترل گازهای گلخانه‌ای را دنبال می‌کند بلکه از دی‌اکسیدکربن ذخیره‌شده برای ازدیاد برداشت مخازن هیدروکربوری نیز استفاده می‌شود. گاز را می‌توان در ساختارهای طبیعی و متخلخل زیرزمینی (میدان‌های تهی‌شده و سفره‌های آب زیرزمینی) یا سازه‌های مصنوعی مانند مغارهای سنگی، نمکی و معادن متروکه ذخیره کرد. در حال

حاضر، بیش‌ترین حجم گاز عملیاتی جهان در میدان‌های تهی شده (۵۰ درصد)، مغارهای نمکی (۳۴ درصد) و سفره‌های آب زیرزمینی (۱۶ درصد) ذخیره شده است [۱]. در جدول (۱)، به تاریخچه ذخیره‌سازی گاز اشاره شده است.

جدول ۱. تاریخچه ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز طبیعی [۶-۱]

سال	نوع روش	نام سایت	کشور
۱۹۱۵	میدان گاز تهی‌شده	ولاند[1]	کانادا
۱۹۴۲	میدان نفت تهی‌شده	پلایادل‌ری[2]	آمریکا
۱۹۴۶	سفره آب زیرزمینی	کنتاکی[3]	آمریکا
۱۹۵۲	معدن متروکه	لاورنسبرگ[4]	آمریکا
۱۹۶۱	مغار نمکی	سنت‌کلر[5]	آمریکا
۱۹۹۸	مغار سنگی بدون پوشش	هاج[6]	چک
۲۰۰۴	مغار سنگی دارای پوشش (سی.ان.جی)	اسکالن[7]	سوئد
۲۰۰۴	مغار سنگی دارای پوشش (ال.ان.جی)	داجن[8]	کره جنوبی

برای انتخاب روش ذخیره‌سازی باید متغیرهای عملیاتی متعددی در نظر گرفته شود. این متغیرها عبارتند از: بومی بودن فناوری ساخت، محل ذخیره‌سازی، ظرفیت، تراکم و بازدهی موردنیاز، هزینه‌ها، مسائل زیست‌محیطی و در نهایت، هدف از ذخیره‌سازی که متغیرهایی مانند سرعت گردش و تعداد چرخه‌های سالانه را تعیین می‌کند جدول (۲).

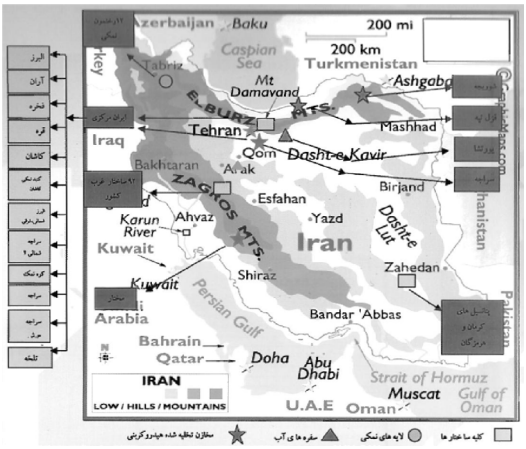
برای انتخاب روش ذخیره‌سازی باید متغیرهای عملیاتی متعددی در نظر گرفته شود. این متغیرها عبارتند از: بومی

جدول ۲. مشخصات فنی روش‌های مختلف ذخیره‌سازی گاز طبیعی [۷]

پارامتر	ساختار طبیعی	مغار نمکی	مغار دارای پوشش	مخازن سطحی
قطر (متر)	-	۳۰-۸۰	۲۰-۵۰	< ۸۰
ارتفاع (متر)	-	۱۰۰-۶۰۰	۵۰-۱۵۰	< ۱۰۰
حجم هندسی(هزار متر مکعب)	-	۱۰۰-۳۰۰۰	۸۰-۲۰۰	۵۰-۲۰۰
حجم گاز عملیاتی (میلیون متر مکعب)	۲۰۰-۳۰۰۰	۲۰-۹۰۰	۲۰-۴۰	< ۴۰
میزان گاز پایه (درصد)	۵۰-۸۰	۲۰-۳۰	< ۱۰	< ۵
عمق متداول قرارگیری	۵۰۰-۱۵۰۰	۷۰۰-۱۸۰۰	۵۰-۲۰۰	-
تعداد چرخ‌های ممکن سالانه	۱-۲	۵-۱۰	۱۰-۲۰	۱-۳
جایگاه در تجارت امروزی	کم تا متوسط	متوسط تا زیاد	زیاد	متوسط
امکان گسترش و افزایش حجم	ندارد	دارد	دارد	دارد
انعطاف پذیری نسبت به شرایط زمین شناسی	پایین	پایین	بالا	پایین تا متوسط
مشکلات زیست محیطی	متوسط تا زیاد	متوسط تا زیاد	کم	متوسط تا زیاد
بومی بودن فناوری ساخت	غیر بومی	غیر بومی	بومی	بومی
نیاز به فرآوری گاز ذخیره شده	دارد	دارد	ندارد	ندار
بازدهی ذخیره سازی	کم	متوسط	متوسط تا زیاد	متوسط تا زیاد
زمان آماده سازی	کم تا زیاد	کم تا متوسط	کم تا متوسط	کم
عدم قطعیت	متوسط تا زیاد	متوسط تا زیاد	کم	کم

1.Welland
2. Playa del Rey
3. Kentucky
4. Lawrenceburg
5. Saint Clair
6. Haje
7. Skallen
8. Daejeon

در ایـران، میانگیـن مصرف گاز طبیعـی در بخش خانگی و تجاری در ماه‌های سـرد سال نشـان می‌دهد که میزان مصرف در ایـن ماه‌هـا حـدود ۲/۵ برابر بیشـتر از ماه‌های دیگر اسـت. تأمیـن این میزان گاز طبیعی میسـر نخواهد شـد مگر این که منابع جدید به‌ویژه مخازن ذخیره‌سازی گاز طبیعی ایجاد شود. در ایـن راسـتا پروژه‌های مختلفـی در زمینه ذخیره‌سـازی گاز طبیعی تعریف شـده است که هدف از اجرای آنها ایجاد ذخیره مناسـب گاز برای تأمین حداکثر مصارف زمسـتانی و مبارزه با اختلال‌هایی است که ممکن اسـت به هنگام بروز مشکلات در امر تولید در بخش بالادستی و سیستم انتقال رخ دهد. در واقع، با بهره‌برداری از پروژه‌های ذخیره‌سـازی، در ماه‌های گرم سال که سـطح مصرف گاز طبیعی نسـبت به ظرفیت بالقوه تولید از منابع اصلی و سیستم انتقال، پایین‌تر است مازاد گاز در مخازن زیرزمینی، ذخیره می‌شـود و بالعکس در ماه‌های سرد زمستان از مخزن، برداشت و به شـبکه انتقال و توزیع، تزریق می‌گردد. از مجمـوع ۲۱۷ مخزن موردمطالعه، بیش از ۱۰ مخزن و گنبد نمکی برای ذخیره‌سـازی گاز طبیعی، مناسـب شـناخته شده است. در حوزه ایران مرکزی، تاکنون، تعدادی مخزن شناسایی و حفر گردیده‌اند که شـامل البرز، سـراجه، تراز نایین، سـرخه، یورتشـاه، تلخه، سـیاه کـوه، معلمـان، آران، شـوریجه، فخره و زواره می‌باشـند شـکل(۱). از این میـان، البرز و سـراجه دارای پتانسیل هیدروکربوری، تشخیص داده شده‌اند. مخزن یورتشاه نیز یک سفره آب زیرزمینی فعال است. از بین مخازن یاد شده، مخازن گازی سراجه و شوریجه، مراحل نهایی نصب تأسیسات روزمینی برای تبدیل به مخزن ذخیره‌سازی را طی کرده است. مخزن گازی سراجه قم به علت نزدیکی به مناطق پرمصرف گاز و به دلیل نزدیکی به تأسیسات شبکه خطوط انتقال گاز مراکز پرجمعیت، موقعیت استراتژیکی در کشور دارد [۸]



شکل ۱. پروژه‌ها و پتانسیل‌های ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز در ایران[۸]

۲. بررسی ضرورت ایجاد مخازن در استان خراسان رضوی از لحاظ مصارف خانگی و صنعتی

اسـتان خراسـان رضـوی بـا وسـعتی بیـش از ۱۲۷ هـزار کیلومترمربـع، بیـن مـدار جغرافیایی ۳۳ درجـه و ۵۲ دقیقه تـا ۳۷ درجـه و ۴۲ دقیقه عرض شـمالی از خط اسـتوا و ۵۶ درجـه و ۱۹دقیقـه تا ۶۱ درجـه و ۱۶ دقیقه طول شـرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته است.

خراسـان رضـوی دارای آب‌وهـوای متغیـر امـا معتـدل و متمایل به سـرد و خشک است و تابسـتان‌های گرم و خشک و زمسـتان‌های سرد و مرطوب دارد. بیشینه درجه حرارت در تابسـتان‌ها ۴۳ درجه بالای صفر و کمینه آن در زمسـتان‌ها، ۲۳ درجه زیر صفر است.

مشـهد، کلان‌شهری در شمال‌شـرقی ایران و مرکز استان خراسـان رضـوی می‌باشـد کـه ۳۲۸ کیلومترمربع مسـاحت دارد و دومین شـهر پهناور ایران پس از تهران است. براساس سرشـماری نفوس مسکن سال ۱۳۹۵ این شهر با ۳۰۰۱۱۸۴ نفر جمعیت، دومین شهر پرجمیت ایران پس از تهران است و سـالانه پذیرای بیش از ۲۷ میلیون زائر از داخل و دو میلیون زائر خارجی می‌باشد.

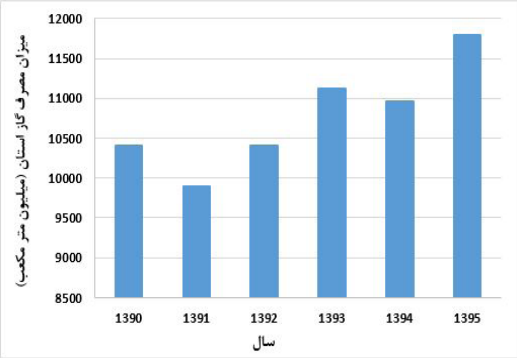
اسـتان خراسـان رضوی از جمله مناطقی اسـت که طول دوره سـرما در آن در مقایسـه بـا سـایر مناطـق، نسـبتاً زیاد می‌باشـد. این اسـتان، از مناطق نفت‌خیز کشـور، دور است و تأمین سـوخت فسـیلی این منطقـه از طریق خطـوط انتقال (برای گاز) یا حمل‌ونقل جاده‌ای (برای نفت) صورت می‌گیرد. هر دوی این سیسـتم‌های انتقال، ضریب ایمنی پایینی دارند و اطمینان چندانی برای تأمین سوخت این منطقه در صورت بـروز حـوادث غیرمترقبـه وجـود ندارد. شـاهد بر ایـن مدعا، مسـائل و سـختی‌های ناشـی از تأمیـن سـوخت در سـرمای بی‌سابقه زمستان سـال ۱۳۸۶ است. در سال مذکور، سرمای غیرمنتظـره، تـوازن عرضـه و تقاضـای سـوخت را برهم زد و برای مسـئولان مربوطـه و همچنین برای مردم که مسـتقیماً با این مسـئله درگیـر بودند، مشـکلات زیادی به‌وجـود آورد. بسـیاری از شهرسـتان‌های ایـن منطقه، با قطعـی گاز مواجه شدند و سیستم انتقال گاز، جواب‌گوی مصرف‌کنندگان نبود. همیـن مسـئله می‌توانـد دلیلی بر نیـاز برای احـداث مخازن ذخیره‌سـازی گاز باشـد. از آنجـا کـه سیسـتم انتقـال گاز در منطقـه وجود دارد، می‌توان با احداث مخـازن زیرزمینی، گاز را در فصل تابسـتان که هم قیمت سـوخت، کمتر است و هم

مصرف آن، پایین‌تر است، ذخیره کرد و در فصل زمستان که اوج مصرف می‌باشد، از مخازن برداشت کرد. این کار از لحاظ اقتصادی، بسیار به‌صرفه است و به یک تجارت در صنعت گاز تبدیل شده است.

قسمت اعظم گاز مصرفی منطقه خراسان، از مناطق سرخس و واردات از کشورهای هم‌جوار تأمین می‌شود. واردات گاز از این منطقه، جزو سیاست‌های سوآپِ گاز وزارت نفت است و با وجود این که ایران از کشورهای اصلی تولیدکننده گاز می‌باشد، برای کاهش هزینه‌های ناشی از انتقال گاز، مجبور به واردات گاز از کشورهای شمالی است. این واردات گاز، موجب وابستگی ما به این کشورها شده است و در فصول سرد می‌توانند قراردادهای سنگینی را در ازای خرید گاز به کشور تحمیل کنند. به همین دلیل، در راستای سیاست‌های پدافند غیرعامل به نظر می‌رسد احداث مخازن ذخیره‌سازی گاز در منطقه خراسان می‌تواند کمک شایانی به استقلال کشور کند و توانایی وزارت نفت را در بستن قراردادهای واردات گاز بالا می‌برد.

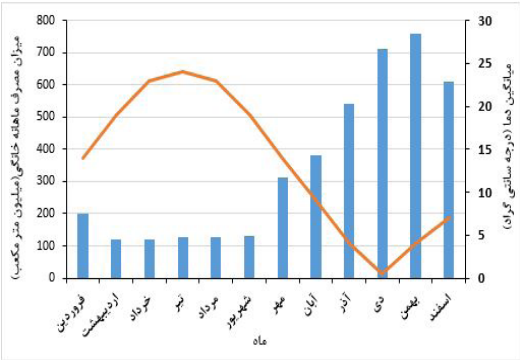
خراسان رضوی، با دو میلیون و ۶۷ هزار مشترک، رتبه دوم اشتراک‌پذیری کشور و در شبکه‌گذاری نیز با ۸۶۶ هزار انشعاب در رتبه سوم قرار دارد. همچنین استان خراسان رضوی ۵/۸۴ درصد مصرف گاز کل کشور را به خود اختصاص داده و ضریب نفوذ گاز شهری در استان در حال حاضر ۹۹/۸ درصد است که این آمار در کشور ۹۷ درصد می‌باشد. در حال حاضر، ۱۵۴۱ روستا گازرسانی شده‌اند؛ به‌گونه‌ای که ضریب نفوذ گاز روستایی ۷۶ درصد است. شایان ذکر است که در ابتدای سال ۱۳۹۲، ضریب مذکور،۵۶ درصد بود که رشد ۲۰ درصدی را تجربه کرده است. از آن جایی که میانگین کشوری ضریب نفوذ روستایی ۷۲ درصد است، استان خراسان رضوی در همه آمارها از میانگین کشور بالاتر می‌باشد. نکته حائز اهمیت این که پیش‌بینی می‌شود با اجرای پروژه‌های جدید، ضریب نفوذ گاز روستایی، در آینده‌ای نزدیک، به ۹۵ درصد برسد. در مورد گازرسانی به روستاهای زیر ۲۰ خانوار، به دلیل به‌صرفه‌نبودن از لحاظ فنی و اقتصادی باید از سوخت مایع یا انرژی برق استفاده گردد.

در ادامه، چگونگی توزیع مصرف گاز در ماه‌ها و سال‌های مختلف برمبنای آمار و اطلاعات استخراج‌شده، تشریح می‌گردد.



شکل ۲. میزان مصرف گاز استان در سال‌های مختلف برحسب میلیون مترمکعب

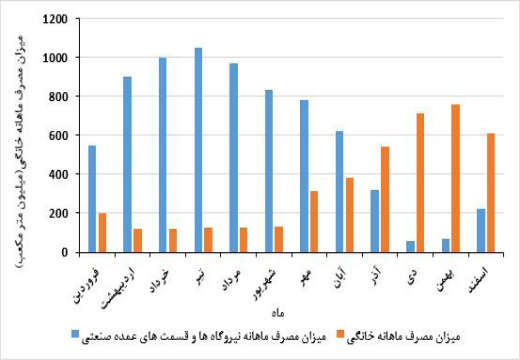
همان‌طور که در شکل (۲) ملاحظه می‌گردد میزان مصرف در سال ۹۵ به بالاترین حد در سال‌های اخیر رسیده است و از دلایل آن وجود گازرسانی به مناطق محروم و افزایش ساختمان‌سازی و گسترش شهرها می‌باشد. شکل (۳) نیز میزان مصرف گاز خانگی استان به‌همراه متوسط تغییرات دمای استان در ماه‌های مختلف سال ۹۵ را نشان می‌دهد.



شکل ۳. میزان ماهانه مصارف خانگی به‌همراه میانگین متوسط دمایی استان در ماه‌های سال ۹۵

همان‌طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود میزان مصرف گاز طبیعی برای مصارف خانگی در ماه‌های سرد سال که از مهرماه آغاز می‌گردد، افزایش پیدا کرده و بیشترین میزان مصرف خانگی در ماه های دی و بهمن می باشد. از طرفی، میزان مصرف بین ماه‌های اردیبهشت تا شهریور تقریباً ثابت بود و تغییر چندانی در این بازه، ملاحظه نمی‌شود.

به‌منظور پی بردن به اهمیت ایجاد مخازن زیرزمینی گاز طبیعی، مصرف‌کنندگان اصلی گاز در استان، به سه دسته: نیروگاه‌ها، صنعت و مصرف‌کنندگان خانگی تقسیم‌بندی گردیده‌اند. بر این اساس، میزان مصرف هر کدام از واحدها در ماه‌های مختلف سال ۹۵ در شکل (۴) نشان داده شده است.



شکل ۴. مقایسه میان میزان گاز مصرفی مصرف‌کننده‌های عمده استان در ماه‌های مختلف سال ۹۵

با توجه به اینکه گاز طبیعی موردنیاز در ماه‌های سرد سال برای مصارف خانگی، در اولویت قرار می‌گیرد و کوچک‌ترین اختلال در آن، زندگی افراد جامعه را به‌طور مستقیم تحت‌الشعاع قرار می‌دهد، باید پیش‌بینی لازم در این خصوص صورت گیرد؛ به‌طوری که نیاز مصارف خانگی در ماه‌های سرد با کم کردن مصرف سایر مصرف‌کنندگان که نیروگاه‌ها و بخش صنعت می‌باشد، جبران می‌گردد که در شکل (۴) این مسئله، کاملاً مشهود است.

همان‌طور که در شکل (۴) مشخص است بیش‌ترین میزان مصرف گاز نیروگاه‌ها و بخش‌های عمده صنعت، در هفت ماه اول سال می‌باشد و با سرد شدن هوا در پنج ماه آخر سال، میزان مصرف مصارف خانگی، بالا می‌رود و از میزان مصرف نیروگاه‌ها و بخش‌های صنعتی، کاسته می‌شود.

همچنین با توجه به قرارداد منعقد بین شرکت گاز و سایر مصرف‌کنندگان؛ از قبیل بخش‌های صنعتی، شرکت گاز تنها به تأمین گاز در ۷ ماه اول سال متعهد است و نسبت به ۵ ماهه دوم، تعهدی ندارد و این مصرف‌کنندگان باید در فصول سرد سال، سوخت جایگزین برای خود تهیه کنند و در صورت بروز هرگونه کمبود، شرکت گاز استان می‌تواند نسبت به قطع گاز آن‌ها اقدام کند.

بنابراین، چنین می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به رشد چشمگیر میزان مصارف خانگی و مشترکین گاز روستایی استان، مقابله با قطعی گاز استان و استان‌های مجاور در فصل سرما، کاهش واردات گاز از ترکمنستان، فراهم شدن شرایط برای صادرات گاز، استفاده از میادین گازی تازه‌کشف‌شده و پیشبرد اهداف اقتصاد مقاومتی در حوزه مهندسی نفت و گاز، ذخیره‌سازی زیرزمینی مواد هیدروکربوری به‌ویژه گاز طبیعی، اجتناب‌ناپذیر است.

۳. انتخاب ساختگاه مناسب به‌منظور ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز در استان خراسان رضوی

ذخیره‌سازی زیرزمینی، با اهداف گوناگون و در اعماق مختلف زمین صورت می‌گیرد. این نوع ذخیره‌سازی، نیازمند سرمایه‌گذاری عظیمی است. بنابراین کلیه مراحل باید با نهایت دقت و با استفاده از بهترین روش‌های موجود، صورت گیرد. پس از انتخاب روش مناسب برای ذخیره‌سازی باید مطالعات در زمینه ساختگاه مناسب با این نوع روش، شناسایی و امکان‌سنجی گردد. انتخاب مکان، یکی از مهم‌ترین مراحل است و تمام فعالیت‌های بعدی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این مرحله باید کلیه عوامل فنی، اقتصادی، قانونی، زیست‌محیطی و استراتژیک مؤثر بر پروژه و نیز توسعه تأسیسات ذخیره‌سازی و گسترش نواحی شهری در طول زمان مورد توجه قرار گیرد.

عواملی مانند نزدیکی به خطوط لوله و بزرگراه‌ها و مراکز مصرف هیدروکربن‌ها، فاصله از مناطق مسکونی و مشکلات زیست‌محیطی در سطح زمین و نیز امنیت بالا در شرایط جنگی بر انتخاب ساختگاه، تأثیر می‌گذارند. وجود فضای کافی در سطح زمین برای تأسیسات، ماشین‌آلات، خطوط لوله و غیره، الزامی است. عوامل زمین‌شناسی مانند ناهمواری‌های سطح زمین، خصوصیات مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی سنگ‌ها، گسل‌ها و نواحی برشی و درزه‌ها، سطح آب زیرزمینی، وضعیت تکتونیکی و لرزه‌خیزی منطقه، تأثیر عمده‌ای بر انتخاب ساختگاه دارند.

با توجه به اهمیت ویژه ساختگاه، باید تمام تلاش‌ها در راستای انتخاب بهینه صورت گیرد. در برخی موارد، نتایج بررسی‌های وسیع صورت گرفته پس از مرحله انتخاب ساختگاه، نشان داده‌اند که محیط از کیفیت لازم برخوردار نیست. در چنین شرایطی، با وجود هزینه‌های بالای صرف‌شده درخصوص ساختگاه انتخابی، مکان پروژه تغییر کرده است. انتخاب بهینه ساختگاه معمولاً به کمک روش‌های مختلف و نرم‌افزارهایی چون GIS صورت می‌گیرند. فرایند یافتن مکان بهینه با استفاده از سامانه‌های اطلاعات مکانی همانند سایر کاربردهای GIS شامل مجموعه مراحل معینی است که اجرای صحیح و دقیق آن‌ها برای دستیابی به نتایج قابل اطمینان، اجتناب‌ناپذیر است. به‌طور کلی، فرایند مکان‌یابی، شامل مراحل شناخت، تعیین فاکتورهای مؤثر و داده‌های موردنیاز، بررسی ویژگی‌های محدوده مطالعاتی، جمع‌آوری و آماده‌سازی داده‌ها، تصمیم‌گیری، استخراج عوامل محیطی

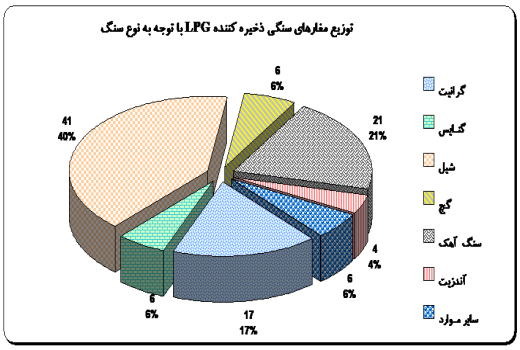
مؤثر بر انتخاب مکان نهایی و طبقه‌بندی صحیح آن‌هاست.

شناخت، یکی از مراحل اساسی و مؤثر در اجرای موفق پروژه‌های GIS می‌باشد. در این مرحله، ویژگی‌های حوزه مطالعاتی شامل شرایط طبیعی، زمین‌شناسی، محیط‌زیستی، اجتماعی- اقتصادی، فنی و سایر شرایط حاکم بر منطقه و داده‌های آن در منابع داده‌های مختلف، بررسی می‌شود. بر اساس این مطالعات، پارامترهای خاص محدوده مطالعاتی به مجموعه موجود، افزوده می‌شوند. از سوی دیگر، ویژگی‌های منطقه‌ای که موردبررسی قرار می‌گیرد، در تعیین اوزان پارامترها نیز دخیل است؛ برای مثال، حضور فاکتور لرزه‌خیزی در حوزه‌هایی که نزدیک گسل‌های فعال قرار دارند، بسیار ضروری است. مرحله بعد، تعیین پارامترهای مؤثر در مکان‌یابی است. در این مرحله، با استفاده از اطلاعات به‌دست‌آمده از مرحله شناخت، مصاحبه با کارشناسان و افراد متخصص و بررسی تجارب کشورهای دیگر در زمینه مکان‌یابی و احداث مراکز مشابه، عوامل مؤثر در مکان‌یابی فعالیت موردنظر به همراه داده‌های موردنیاز مربوط به این عوامل تعیین می‌شود. در این مرحله، تحلیلی جامع روی مجموعه پارامترها صورت می‌گیرد و تأثیر هریک از پارامترها روی سایر عوامل به‌طور همه‌جانبه بررسی می‌شود. در نهایت، با اعمال پارامترهای تأثیرگذار و فاکتورهای مربوط به هریک در کنار تجزیه‌وتحلیل‌های مهندسی، مناطق مناسب برای ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز با توجه به روش مشخص آن، پیشنهاد می‌شود.

۴. انتخاب پارامترهای تأثیرگذار

پس از بررسی‌های مختلف زمین‌شناسی و لیتولوژی، مخزن ذخیره‌سازی که امکان احداث آن در خراسان رضوی وجود دارد، مغارهای سنگی معرفی شده است؛ زیرا سازند نمکی و سفره آب زیرزمینی مناسبی در منطقه وجود ندارد [۹].

با توجه به این که در احداث مغارهای سنگی، جنس مناسب سنگ، مهم‌ترین پارامتر می‌باشد، سختی سنگ به‌عنوان اصلی‌ترین پارامتر تأثیرگذار مورد توجه قرار گرفتند و با کمک نقشه لیتولوژی استان، تمام مناطق استان با توجه به جنس سنگ، امتیازدهی شدند. بررسی‌ها نشان می‌دهند که بیشترین تعداد مغارهای سنگی در داخل سنگ‌هایی با جنس شیل، سنگ آهک، گرانیت و گنایس حفر شده‌اند شکل(۱)؛ به همین دلیل به مناطقی که سنگ‌ها از این نوع بودند، بیشترین امتیاز تعلق گرفت[۱۰ و ۱۱].

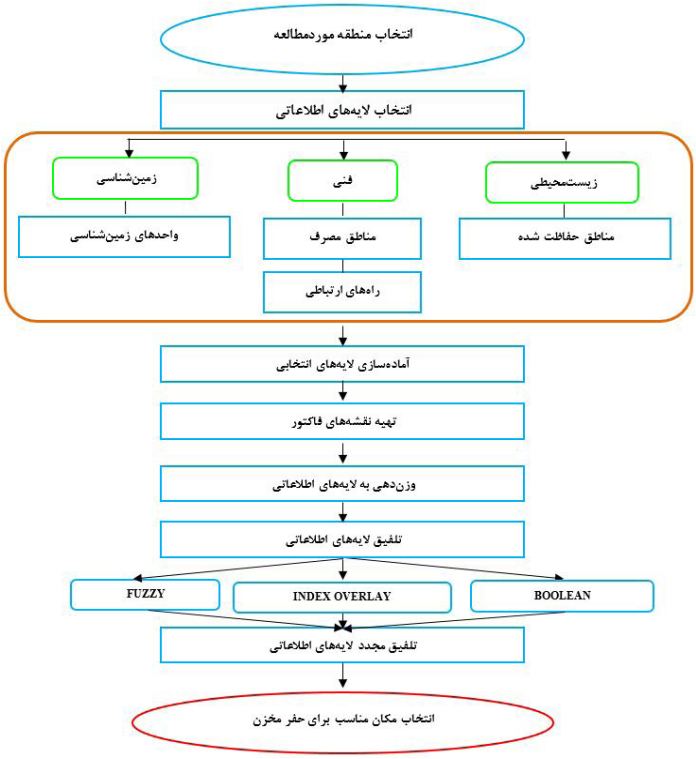


شکل۵. توزیع مغارهای سنگی ذخیره‌کننده LPG با توجه به نوع سنگ دربرگیرنده[۱۲]

پارامتر بعدی که اهمیت فراوانی دارد، قرار نگرفتن مغار ذخیره‌سازی در داخل مناطق حفاظت‌شده زیست‌محیطی است. این عامل نیز به‌عنوان دومین عامل تأثیرگذار در فرایند انتخاب مناطق مناسب، مدنظر قرار گرفته است. این موضوع، بسیار حائزاهمیت فراوان است؛ زیرا در نواحی از کشور مثل پارک ملی تلخه در استان سمنان، مناطقی مناسب برای ذخیره‌سازی گاز شناسایی شده است اما قرار گرفتن این منطقه در منطقه حفاظت‌شده و پارک ملی، باعث شد تا ادامه مطالعات با مشکلاتی همراه گردد.

از جمله دلایل اصلی احداث مخازن زیرزمینی ذخیره‌سازی گاز، اوج‌شکنی مصرف گاز می‌باشد؛ زیرا می‌توان با در اختیار داشتن این مخازن، در فصل تابستان که مصرف پایین است، گاز را ذخیره کرد و سپس در فصل زمستان که مصرف زیاد است از ذخیره مخزن استفاده کرد. به این منظور، هر چه مخازن احداث‌شده به مناطق مصرف نزدیک‌تر باشند؛ مطلوب‌تر خواهد بود. علاوه بر این، نزدیکی به مناطق مصرف باعث کاهش هزینه‌های ناشی از انتقال خواهد شد. برای در نظر گرفتن تأثیر این موضوع، نزدیکی به مناطق مصرف به‌عنوان یکی دیگر از پارامترهای تأثیرگذار، لحاظ شده است.

آخرین پارامتری که تأثیر آن در مطالعات و تعیین مناطق مناسب، مدنظر قرار گرفته است، نزدیکی به جاده‌های ارتباطی می‌باشد؛ زیرا وجود جاده باعث می‌شود تا حمل‌ونقل، راحت‌تر صورت گیرد و هزینه‌های سرمایه‌ای به نحو قابل‌توجهی کاهش پیدا کند. در شکل (۶) پارامترهای در نظر گرفته‌شده و مراحل مکان‌یابی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی نمایش داده شده است [۱۳].



شکل ۶. پارامترهای در نظر گرفته شده و مراحل مکان‌یابی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی

با کمک سامانه GIS و انتخاب پارامترهای تأثیرگذار و طی مراحل نشان داده شده در شکل (۶) مناطق مناسب برای حفر مخزن ذخیره‌سازی معرفی شده‌اند.

۵. انتخاب مکان مناسب برای حفر مخزن

روش‌های مختلفی برای تلفیق و ترکیب فاکتورها در سامانه اطلاعات جغرافیایی وجود دارد که برخی از آن‌ها عبارتند از [۱۴]:

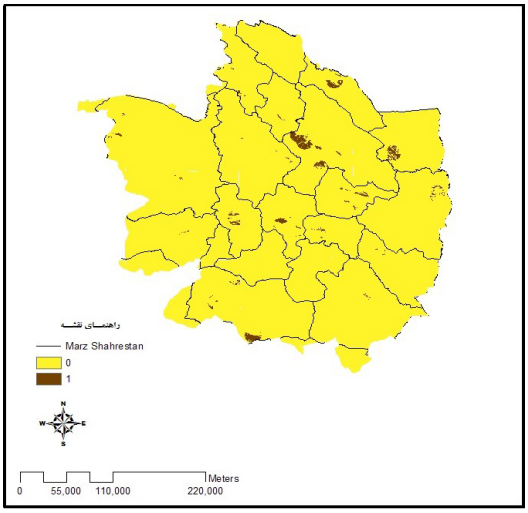
- منطق بولین
- هم‌پوشانی شاخص
- منطق فازی
- تصمیم‌گیری چندمعیاره

در روش اول با توجه به این نکته که داده‌ها به صورت صفر یا یک می‌باشند، در نقشه نهایی نیز با در نظر گرفتن تمام پارامترها، نقشه‌ای با مقدارهای صفر و یک تهیه می‌شود. این مسئله باعث می‌گردد که بخش عمده‌ای از منطقه که ممکن است در فرایند مکان‌یابی نقش داشته باشند، حذف گردند.

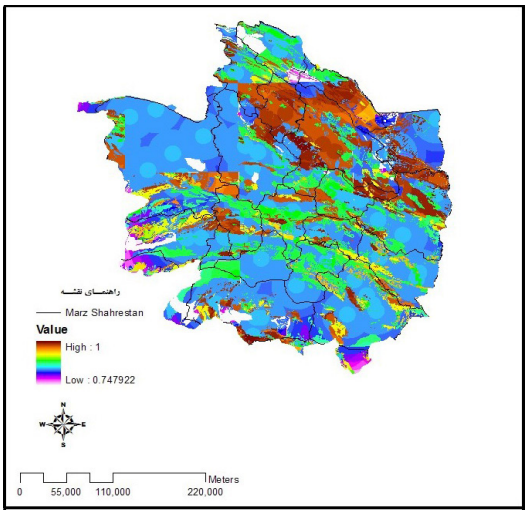
روش هم‌پوشانی شاخص به‌صورت منعطف‌تری ورودی‌ها را ترکیب می کند و در نتیجه، مسئله از چارچوب محدوده دودویی مدل بولین خارج می‌شود و در فضای آزادتری حل می‌گردد. در این فضا وزن‌های پارامترها و کلاس‌های مربوط به هریک از آن‌ها، برای مدل‌سازی اهمیت نسبی فاکتورها وارد می‌شوند. با توجه به ویژگی‌ها و روش اجرای مدل هم‌پوشانی شاخص، پیکسل‌های خروجی، براساس اوزان حاصل، قابل اولویت‌بندی هستند؛ در نتیجه، موقعیت‌های مناسب، وزن بیشتری دارند. اما در روش فازی، نقشه‌ها بین صفر و یک، فازی می‌شوند و سپس در فرایند تصمیم‌گیری، شرکت داده می‌شوند. این مسئله باعث می‌گردد که نقشه‌هایی به‌دست آید که دارای مقادیری بین صفر و یک باشند. در نتیجه کاربر می‌تواند با توجه به دانش و تجربه خود، مناطقی از نقشه را مشخص کند [۱۵].

در روش تصمیم‌گیری چندمعیاره با استفاده از روش ساتی (APH) به هریک از معیارها وزنی تعلق می‌گیرد، سپس این اوزان، در مقدار پیکسل‌های هر تصویر هر معیار، ضرب می‌شوند و در نهایت، مقادیر هر پیکسل، به‌صورت خطی با هم جمع می‌شوند. مقادیر بالای پیکسل از تصویر نهایی، مناطق مطلوب را مشخص می‌کند [۱۶].

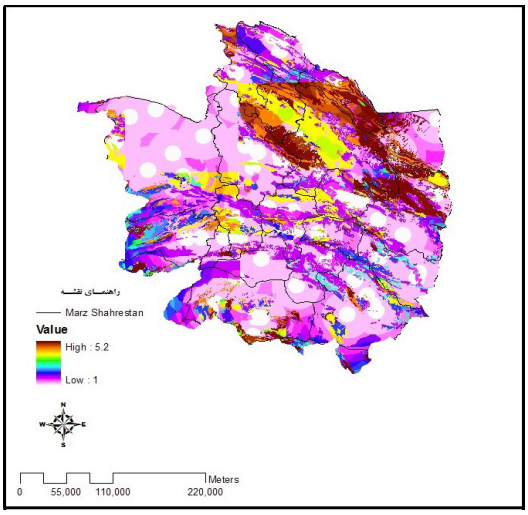
تعیین ساختگاه مناسب در تحقیق حاضر، با در نظر گرفتن چهار پارامتر بحث شده و با استفاده از روش‌های بولین، هم‌پوشانی شاخص و فازی در سامانه GIS صورت گرفته است. نقشه‌های رسم شده برای این روش‌ها در ادامه آورده شده است.



شکل ۷. مناطق مطلوب مشخص شده با روش بولین [۱۷]



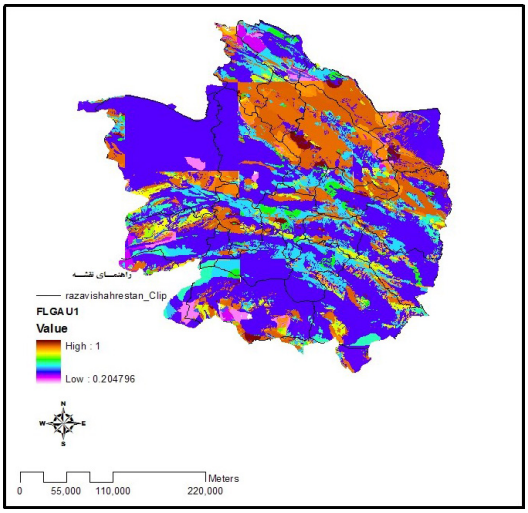
شکل ۸. مناطق مطلوب مشخص شده با استفاده از روش فازی [۱۷]



شکل ۹. مناطق مطلوب مشخص شده به روش هم‌پوشانی شاخص [۱۷]

برای اینکه در نقشه نهایی، تأثیر همه روش‌ها لحاظ شود و همچنین برای بالا بردن دقت مکان‌یابی، نتیجه حاصل از تمام نقشه‌های بالا مجدداً با هم به روش فازی تلفیق گردیدند. نتیجه نهایی این تلفیق، در شکل (۱۰) آورده شده است.

با توجه به لیتولوژی استان خراسان رضوی و وجود سنگ‌هایی مثل شیل، سنگ آهک، گرانیت و گنایس با تراکم بالا و در اعماق مناسب، امکان ایجاد مخازن زیرزمینی از نوع سنگ سخت در استان وجود دارد. بررسی‌های به‌عمل‌آمده برای شناسایی ساختگاه نشان می‌دهد که در مناطق شمال‌غربی مشهد (در ناحیه طرقبه)، مرکز کلات و جنوب‌غربی سرخس، امکان این نوع ذخیره‌سازی وجود دارد.



شکل ۱۰. مناطق مطلوب مشخص شده پس از تلفیق نتایج سه روش فازی، بولین و هم‌پوشانی شاخص [۱۷]

۶. نتایج

ذخیره‌سازی نفت و فراورده‌های نفتی، از دیرباز برای حل مشکلات ناشی از فرایند تولید و انتقال این فراورده‌ها مدنظر بوده است. معمول‌ترین روش‌های ذخیره‌سازی فراورده‌های نفتی، استفاده از مخازن فلزی سطحی و زیرسطحی است. با افزایش تقاضا و تمایل کشورها برای ذخیره‌سازی احجام زیاد و قابل‌توجه این فراورده‌ها، روش‌های متنوع دیگری ابداع شدند. از سوی دیگر، وقوع جنگ‌های جهانی نشان داد که مخازن سطحی، اهداف قابل‌دسترسی برای دشمنان هستند و به‌راحتی می‌توانند مورد اصابت قرار گیرد. به همین دلیل برای ایمن کردن این مخازن و دور از دسترس کردن آن‌ها برای دشمنان، تلاش شد تا روش‌های ایمن و مطمئن‌تری مورد توجه قرار گیرد. به این دلیل روش‌های زیرزمینی ذخیره‌سازی، از جمله ذخیره‌سازی در میادین نفت و گاز تخلیه‌شده، سفره‌های آب زیرزمینی، سازندهای نمکی، ایجاد مغار در سنگ سخت و ... به‌وجود آمدند. هر کدام از این روش‌ها

شرایط کاری و مزایا و معایب خاص خود را دارند که باید با توجه به پارامترهای مختلفی مثل نزدیکی به مناطق مصرف و خطوط انتقال، دوری از مناطق شـهری و زون‌های گسل‌خورده و از همه مهم‌تر پتانسیل زمین‌شناسـی موجود، یکی از این روش‌ها برای ذخیره‌سازی مورد توجه قرار گیرد.

با توجه به اینکه اسـتان خراسان رضوی، از مناطق نفت‌خیز کشـور دور اسـت و از سـوی دیگـر، شـهر مشـهد از مناطـق زیارتـی اسـت و تراکم جمعیتی بالایـی دارد، احداث یک مخزن ذخیره‌سـازی گاز برای اوج‌شـکنی مصرف در زمستان برای این منطقه ضروری می‌باشـد. احداث مخزن ذخیره‌سـازی در استان خراسـان رضوی، علاوه‌بر تأمیـن نیاز مصرف‌کننـدگان، توانایی شـرکت گاز را نیـز در عقـد قراردادهـای واردات گاز که از جمله سیاسـت‌های سـوآپ وزارت نفت اسـت، بالا می‌برد. بررسی‌ها و مشاهدات بر روی نقشه‌های لیتولوژی و زمین‌شناسی منطقه به کمک مطالعات پیشین نشان می‌دهد که پتانسیل ذخیره‌سازی گاز یا سایر فراورده‌های نفتی در داخل استان در مغارهای سنگی، موجود می‌باشد.

برای ذخیره‌سـازی زیرزمینی گاز، روش‌های مختلفی وجود دارد که نتایج تحقیقات نشان داده است که امکان حفر مغارهای سـنگی در اسـتان خراسـان رضـوی وجـود دارد. بـرای انتخاب ساختگاه مناسـب برای ایجاد مغارهای سـنگی باید پارامترهای مختلفی مثل فنی، زمین‌شناسـی، زلزله‌خیزی، محیط‌زیسـتی و ... مـورد توجـه قرار گیرد. از میـان پارامترهای مختلف، در این تحقیق، چهار پارامتر دوری از مناطق حفاظت‌شده محیط‌زیستی، سنگ‌شناسـی، نزدیکی به مناطق مصرف و نزدیکـی به راه‌های ارتباطـی مورد توجـه قرار گرفته‌اند. با اسـتفاده از سـامانه GIS فرایند امتیازدهی و انتخاب ساختگاه به کمک روش‌های مختلفی صورت گرفته اسـت. با رسم نقشه تلفیقی به کمک روش فازی، در واقع، نتایج حاصل از سـه روش بولین، هم‌پوشـانی شـاخص و فـازی بـا یکدیگر تلفیـق شـدند و می‌تواند معیـار خوبی برای انتخاب ساختگاه باشد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، مناطقی در شمال‌غربی مشهد (در ناحیه طرقبه)، مرکز کلات و جنوب‌غربی سرخس برای حفر مغار سنگی ذخیره‌سـازی گاز، بسیار ایده‌آل می‌باشد.

بدیهی اسـت می‌توان با مطالعات میدانی و کسـب اطلاعات تکمیلی در مورد منطقه و در نتیجه، اعمال پارامترهای بیشتری در انتخاب سـاختگاه، با دقت بیشـتری به انتخـاب مکان دقیق مناسب برای حفر مغار سنگی اقدام کرد.

۷. تقدیر و تشکر

نویسـندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند که از همکاری مدیریت و پرسنل شرکت گاز اسـتان خراسان رضوی به‌ویژه آقایان دکتر پیشبین و مهندس کوچک‌زاده، تشکر و قدردانی کنند.

۸. مراجع

[1]. Natural Gas Information, (2010), Retrieved April 2, 2011, from International Energy Agency Web Site: http://www.iea.org. ISBN: 978-92-64-08425-4.

[2]. Horaeek, M., Ruml, J. (2000), "An Underground Gas Storage Facility in a Granite Cavern". 21st World Gas Conference. Nice: Association Technique de l'industrie du Gaz en France.

[3]. Favert, F. (2004), "Up-to-Date Researches & Future Trends in Underground Gas Storage Facillties". In J. Hetland, & T. Gochitashvili (Eds.), NATO Science Series: Series II: Security of Natural Gas Supply through Transit Countries (Vol. 149, pp. 159-193). Dordrecht, USA: Kluwer Academic Publishers.

[4]. Glamheden, R., & Curtis, P. (2006), "Excavation of A Cavern for High-Pressure Storage of Natural Gas". Tunnelling & Underground Space Technology, 21(1), 56-67.

[5]. Park, E. S., Jung, Y. B., Song, W. K., Lee, D. H., Chung, S. K. (2010), "Pilot Study on the Underground Lined Rock Cavern for LNG Storage". Engineering Geology, 116(1-2), 44-52.

[6]. Plaat, h. (2009), "Underground Gas Storage: Why & How". Underground Gas Storage, World Wide Experiences & Future Development in the UK &Europe (pp. 25-37). London, England: The Geological Society, Special Publication 313.

[7]. Fever, C.L. (2013), "Gas storage in Great Britain". oxford institute for energy study, ISBN 978-907555-65-7.

[۸]. آذین، ر. (۱۳۸۸)، «ذخیره‌سازی گاز طبیعی در مخازن تخلیه شده نفت و گاز زیرزمینی»، مجله مهندسی شیمی‌ایران، شماره ۴۰.

[۹]. اسماعیل‌نژاد، ا. حجی‌آبادی، س. ح. (۱۳۹۰a)، "انتخاب روش مناسب به منظور ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز در استان خراسان رضوی"، اولین کنفرانس مجازی ذخیره‌سازی زیرزمینی مواد هیدروکربوری، دانشگاه صنعتی شاهرود.

[10]. Boand, D.C. (1975),"Underground Storage of Natural Gas", 13 The SPE Distinguished Lecturer Series, Urbana Illinois.

[11]. Khan, S., et al. (2006), "Underground Storage of Gas", Report of working Committee 2 , 23rd world Gas Conference Amsterdam, The Netherlands.

[12]. Bray,A., et al. (2002), "Storing Natural Gas Underground", oilfield Review, USA, Summer.

[13]. PB-KBB Inc. (1998), "Advanced underground gas storage concepts. Refrigerated mine cavern storage", Final report. DOE contract number, DE-AC26-97FT34 349, PB-KBB Inc.

[14]. University of California (2001), "San Jacinto national underground science laboratory- geologic and engineering studies", University of California.

[15]. Abrams, M. J., Brown, L., Lepley, R., Sadowski, P. (1983), "Remote sensing for porphyry copper deposits in Southern Arizona. Economic Geology" 78, 591-604.

[۱۶]. عطائی، م. (۱۳۸۹) « تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی»، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.

[۱۷]. اسماعیل نژاد، ا. حجی‌آبادی، س. ح. (۱۳۹۰b)؛ "انتخاب ساختگاه مناسب به منظور ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز در استان خراسان رضوی"، اولین کنفرانس مجازی ذخیره‌سازی زیرزمینی مواد هیدروکربوری؛ دانشگاه صنعتی شاهرود.

Investigating the Necessity of Underground Storage Construction for Natural Gas in Razavi Khorasan Province

Meysam Rajabi[1*], Ehsan Janbeygi[1], EhsanEsmailnezhad[2]

1- Faculty of Mining Engineering, Birjand University of Technology, Birjand, South Khorasan, Iran.

2- Faculty of petroleum and petrochemical Engineering, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Razavi Khorasan, Iran.

Corresponding Author, Email: m.rajabi@birjandut.ac.ir

Abstract

Studies show that the maximum energy consumption in future years would be natural gas. Increasing gas consumption and peak of consumption in cold seasons make natural gas storage crucial to prevent future crisis. Underground storage is considered the best storage method for this purpose. The purpose of this paper to investigate the necessity of underground gas storage construction Razavi Khorasan Province. Razavi Khorasan Province is one of the areas where the cold period is relatively longer in comparison with other regions. This province is far from oil-rich regions of the country and the area is supplied with fossil fuel through pipelines (for gas) or road transport (for oil). Both transmission systems lack a high safety factor and are not considered reliable fuel-supply systems for the region in case of disaster. Evidence for this claim is the problems and hardships caused by the fuel supply in the unprecedented cold of the 2007 winter. To do this, natural gas consumptions of Razavi Khorasan Province within last years were evaluated and consumption methods in different months were also investigated. Our studies show that during cold months, Razavi Khorasan Province encounters gas shortage and therefore, underground storage of natural gas can be a proper and economic solution.

Keywords: *Natural Gas Storage, Underground Reservoir, Necessity of Underground Storage Construction, Razavi Khorasan Province.*