Archive of SID

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره دهم، شماره چهار، زمستان ۸۷

پیش‌بینی میزان و نحوه پراکنش گاز H_2S، خروجی از نیروگاه زمین‌گرمایی سبلان و روش کنترل H_2Sدر نیروگاه‌های زمین‌گرمایی

عبدالرضا کرباسی [۱]
فریده عتابی [۲]
سپیده سحر محمد میرزائی [۳] (مسئول مکاتبات)

تاریخ دریافت: ۸۵/۱/۲۶ تاریخ پذیرش: ۸۵/۴/۱۷

چکیده

بخار قابل دید خروجی از برج خنک کننده و بوی H_2S قابل تشخیص، عمده ترین آثار زیست محیطی وجود تأسیسات زمین گرمایی می‌باشد که همراه با نگرانی عمومی نسبت به قرار گرفتن در معرض سم جیوه و آرسنیک وتشعشع ناشی از رادون از دیر باز به این تصور دامن زده است که کیفیت هوا تحت تأثیر ناخوشایند فعالیت یک نیروگاه زمین گرمایی می‌باشد .

در حقیقت تاثیر تأسیسات زمین گرمایی بر کیفیت هوا در مقایسه با بسیاری از صنایع یا نیروگاه‌های سوخت فسیلی کم است .

چنان چه در ایجاد تأسیسات زمین‌گرمایی و بهره‌برداری از نیروگاه مربوطه کیفیت هوا مورد توجه قرار گیرد، نگرانی از کیفیت هوابر طرف و تأخیر واخلال در اخذ مجوز فعالیت نیروگاه در اذهان عمومی منتفی خواهد شد.

جمع آوری زود هنگام اطلاعات و ایجاد برنامه‌های حفر چاه‌های و تولیدی وبهره برداری از نیروگاه، ضمن توجه به کیفیت هوا در آینده و اجرای برنامه دقیق آموزش، رمز موفقیت در دستیابی به کیفیت هوای مطلوب می‌باشد. تحقیق حاضر جهت پیش بینی پراکنش یکی از گازهای اصلی نیروگاه‌های زمین‌گرمایی برای چاره اندیشی در مورد عوارض احتمالی است. پس از محاسبه پارامترهای مورد نیاز در مدل‌سازی آلاینده‌های هوا از جمله غلظت، دبی، سرعت و حرارت گاز خروجی، از مدل ADMS-URBAN که قابلیت مدلسازی منابع مختلف آلاینده مانند نقطه‌ای، خطی و حجمی را با در اختیار داشتن پارامترهای فوق دارد، استفاده‌گردید. پیش‌بینی نشان که با بهره-برداری از نیروگاه زمین گرمایی سبلان تولید گاز H_2S از حد استاندارد تجاوز نمی‌کند.

واژه‌های کلیدی: آلودگی هوا، نیروگاه زمین گرمایی، گاز سولفید هیدروژنH_2S.

۱-عضو هیئت علمی دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران
۲- استادیار دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی
۳- کارشناس ارشد گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژیواحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

نیروگاه زمین گرمایی سبلان در حوضه‌ای به مساحت ۱۳۲/۷کیلومتر مربع در جنوب شهرستان مشکین شهر واقع گردیده است. این نیروگاه از نظر مختصات جغرافیایی بین مدارهای۵۵،´۱۱و°۳۸ و″۰۰،´۲۲و°۳۸ شمالی و نصف النهارهای ″۳۰،´۳۸ و°۴۷ و ″۲۰،´۴۸و°۴۷ شرقی، واقع است که در برگیرنده روستاهای مؤئیل، وله زیر و دیزو است.

در این مطالعه از نرم افزارADMS-URBAN که توسط شرکت مشاوره‌ای تحقیقات زیست محیطی کمبریج برای مدیریت کیفیت هوای شهری در انگلستان طراحی شده، استفاده گردیده است.

۱- سولفید هیدروژن :H_2S

گاز سولفید هیدروژن گازی است سمی با وزن مولکولی ۳۴، که از منابع طبیعی مثل گازهای آتشفشانی، چاه‌های زمین گرمایی و واپاشی مواد ارگانیکی از منابع انسان ساز و همچنین از برخی صنایع مانند صنایع تولید الیاف مصنوعی، لاستیک‌های مصنوعی، محصولات نفتی، مواد رنگی و چرم و فرآیند تهیه شکر تولید می‌شود. این گاز بی رنگ و با بوی مشخص تخم مرغ گندیده است که قابل اشتعال بوده و با یک شعله آبی می‌سوزد .

سولفید هیدروژن در مجاورت با هیدروژن وگوگرد تجزیه می‌شود و هنگام تماس با مواد اکسید کننده مثل اسیدنیتریک، تری فلوئور کلر واکنش شدید نشان داده و خود به خود مشتعل می‌گردد.

سولفید هیدوژن حتی در غلظت‌های کم، دارای اثر تحریک کننده بر چشم ها و مجرای تنفسی است. مسمومیت ممکن است فوق حاد، حاد، نیمه حاد و یا مزمن باشد. غلظت‌های کم به آسانی به واسطه استشمام بوی تخم مرغ گندیده مشخص می‌شود، ولی تماس طولانی با این ماده حس بویایی را کم می‌کند و لذا وسیله مطمئن برای تشخیص آن نیست .

غلظت‌های بالا به سرعت باعث از بین رفتن حس بویایی می‌شود. سولفید هیدروژن از راه دستگاه تنفسی وارد بدن می‌شود و به سرعت اکسیده و به موادی که دارای سمیت کمتری است، تبدیل می‌گردد. در بدن جمع نمی‌شود و به تدریج از راه تنفس، ادرار و مدفوع خارج می‌گردد .

در موارد مسمومیت جزئی دردهای ساق پا و به ندرت بیهوشی اتفاق می‌افتد. در مسمومیت متوسط بیهوشی به مدت چند دقیقه بدون ناراحتی تنفسی وجود می‌آید. در مسمومیت‌های شدید شخص وارد اغمای عمیق همراه با تنگی نفس، افزایش دفعات تنفس و کبودی تا برگشت تنفس می-شود. ضربان تند قلب و انقباض‌های پی در پی در عضلات مشاهده می‌گردد (۱).

برخی کشورها مقررات سختگیرانه‌ای برای حداکثر انتشار این گاز در اتمسفر قائل شده‌اند که در جدول۲ برخی از آن‌ها نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱- اثرات سولفات هیدروژن بر انسان(۲)

اثرات سولفات هیدروژن بر انسان	غلظت	
آستانهٔ بویایی	**ppm**	(µg/m3)
بوی واضحی دارد-احتمالاً سردرد	**۰/۰۳-۰/۰۰۰۵**	۰/۶۹-۴۲
بوی مشخص و آزار دهنده	**۰/۳**	۴۱۶
تحریک چشم و شش در حداکثر۸ ساعت کار	**۲-۵**	۲۷۷۶-۶۹۳۹
احتمال از بین رفتن حس بویایی	**۱۰-۲۰**	۱۳۸۷۸-۲۷۷۵۵
احتمال مرگ ناگهانی ناشی از فلج شدن دستگاه تنفسی وجود دارد.	**۱۰۰**	۱۳۸۷۸۰
احتمال مرگ سریع-هیچ بویی حس نمی شود	۶۵۰-۷۰۰	۹۰۲۰۴۱-۹۷۱۴۲۹

جدول ۲- استانداردهای کشورها و موسسات مختلف برای انتشار H_2S(۳،۱)

کشور یا موسسه	استاندارد ـ توضیحات
ایران	استانداردردجه ۱ $\mu g/m^3$۱۰۰۰۰و استانداردردجه۲ $\mu g/m^3$۲۵۰۰۰
OSHA[1]	تا $\mu g/m^3$ ۲۸۰۰۰سقف قابل قبول $\mu g/m^3$ ۷۰۰۰۰،حداکثر تا ۱۰ دقیقه در معرض بودن
NIOSH[2]	$\mu g/m^3$۱۴۰۰۰از ۱۰ دقیقه تا ۱۰ ساعت درمعرض بودن
ACGIH[3]	$\mu g/m^3$ ۱۴۰۰۰میانگین ۸ ساعت و ۴۰ ساعت در دقیقه برای کارگران
ایتالیا	$\mu g/m^3$ ۴۲ به عنوان میانگین ۲۴ ساعته در محیط های شهری
کالیفرنیا	$\mu g/m^3$ ۴۲ میانگین ۱ ساعته

1- OSHA (Occupational Safety and Health Administration).

2-NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health).

3-ACG (American Conference of Governmental Industrial Hygienist).

جدول۳- پارامترهای ورودی به مدلADMS

پارامتر	مقادیر
نرخ انتشار H2S(mg/s)	۹۳۰۷/۲
دمای گاز خروجی ($^{\circ}C$)	۱۵۰
سرعتگازخروجی(m/s)	۴/۸۷
ارتفاع دودکش (m)	۲۵
قطر دودکش (m)	۲

www.SID.ir

Archive of SID

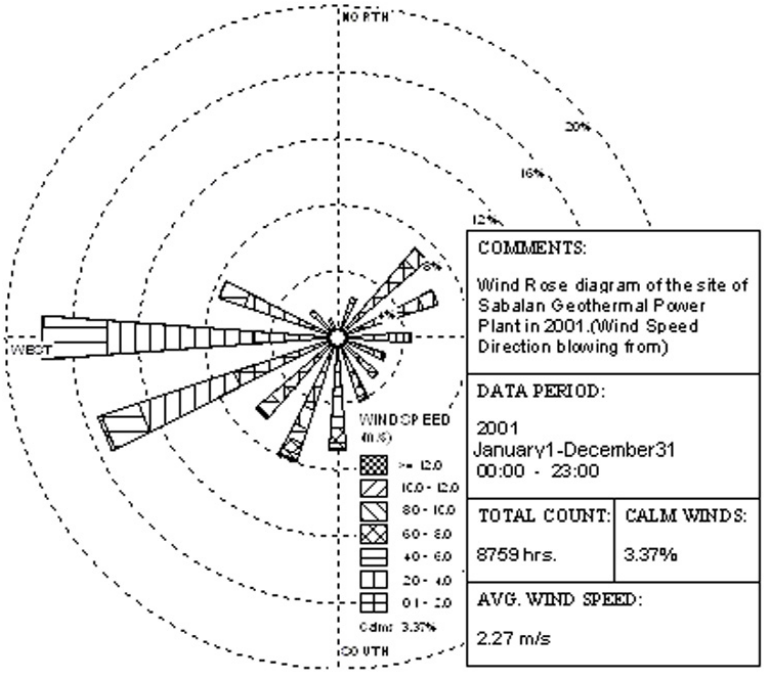
۲- مدل‌سازی پراکندگی سولفید هیدروژن در نیروگاه سبلان

در مدل‌سازی پراکندگی سولفید هیدورژن از نرم افزار ADMS-URBAN برای نشان دادن نحوه پراکندگیH_2S استفاده شد که در آن از معادلات گوسین استفاده گردیده و نتایج مدل در محیط Arc View نمایش داده شده است .

۲-۱- اطلاعات استفاده شده درمدل‌سازی پراکندگی H_2S

این نرم افزار با استفاده از اطلاعات هواشناسی مانند دمای هوا، میزان پوشش ابر، سرعت باد وجهت باد، که از سازمان هواشناسی کشور و دستگاه‌های سازمان بهره‌وری انرژی (سابا) که دربه مدت یکسال در سایت حفاری موجود بود، تهیه و پس از مرتبط شدن در محیط Excel وبه نرم افزار وارد شد.

در ضمن نقشه گلباد برای تعیین چگونگی توزیع باد در منطقه توسط نرم افزار WRPLOR View که از طریق اینترنت تهیه شده بود ترسیم شده ودر نتیجه جهت وسرعت باد غالب تعیین شد که در نمودار ۱ نشان داده شده است، همان طور که در نمودار دیده می‌شود جهت باد غالب غربی و شمال جنوب غربی می‌باشد که سرعت‌های آن‌ها ۴ تا (m/s) ۷ بوده و به ترتیب حدود ۱۸٪ و ۱۵٪ کل بادها را در طول یک‌سال به خود اختصاص داده است. دمای هوا بین۱۲تا $^{\circ}C$۱۷- متغیر بوده که ماه بهمن کم‌ترین درجه حرارت و ماه مرداد بیشترین درجه حرارت حرارت در محیط را به خود اختصاص داده است.



نمودار ۱-گلباد سالیانه در ایستگاه سایت حفاری نیروگاه زمین گرمایی در سال ۲۰۰۱

تعداد روزهای با پوشش ابری کامل، $\frac{8}{8}$ آسمان، ۷۴ روز است که با احتساب روزهای ابری با پوشش ابر بیش از $\frac{4}{8}$آسمان۱۴۸روز می‌شود. ابری‌ترین روزهای سال مربوط به فصل زمستان مخصوصاً ماه اسفند است. در مقابل روزهای بدون پوشش ابر ۱۸۱ روز می‌باشد که مربوط به فصل تابستان و مخصوصاً ماه مرداد است.

www.SID.ir

Archive of SID

۲. نرم افزار مورد استفاده در این مطالعه

نرم افزار ADMS یا Atmospheric Dispersion Modeling System از محصولات شرکت CERC انگلیس است که با استفاده از مدل پراکنش گوسین برای انتشارات بلند مدت و کوتاه مدت ساخته شده و دارای قابلیت‌های گوناگونی است. مثلاً می‌توان از آن برای انواع منابع نقطه‌ای خطی، سطحی و حجمی استفاده کرد علاوه بر این ترکیب انواع منابع با انتشارات متفاوت قابل در نظر گرفتن است. میزان غلظت زمینه در این برنامه قابل احتساب است و برای هر دوره زمانی می‌توان اطلاعات هواشناسی را به آن وارد کرد. تأثیر ساختمان‌ها و موانع بر چگونگی انتشار گازها قابل ارزیابی است. این نرم افزار با وصل شدن به نرم افزار ArcVeiw محل دقیق منابع و گیرنده‌ها را تعیین کرده و قابلیت به‌روز رسانی را با توجه به تغیرات آب و هوا و خصوصیات منبع یا منابع انتشار دارد. نتایج مدل به صورت کانتورهای هم‌غلظت در واحدهای مطلوب(ppm، $\mu g/m^3$ یا mg/m^3) نمایش داده می‌شود(۴).

با توجه به این که از تأسیسات از قبل ساخته شده و آماده نصب در نیروگاه مورد مطالعه استفاده خواهد شد، داده-های مربوط به دودکش نیروگاه پس از بررسی نیروگاه‌های فعال در دنیا به دست آمد. که در مورد ارتفاع و قطر دودکش به ترتیب ۲۵و ۲ متر در نظر گرفته شد. در مورد نرخ انتشار با توجه به این که میزان H_2S در نمونه‌های اندازه گیری شده از چاه‌های زمین گرمایی سبلان موجود بود(۸۸/۶۴mg/kg) و با احتساب ۱۰۵kg/sبخار مورد نیاز برای تولید ۵۰ مگاوات، غلظت موجود این گاز در بخار خروجی مشخص شد که برای این مطالعه بدترین حالت یعنی خروج تمامی این بخار از دودکش در نظر گرفته شد. در مورد دمای گاز خروجی، حرارت سیال زمین گرمایی با کم ترین افت حرارت در طول مسیر منظور شد. برای تعیین سرعت گاز خروجی، ابتدا با استفاده از نمودارTs، چگالی سیال زمین گرمایی تعیین و سپس با استفاده از فرمول$\rho=M/V$ (که در آن M جرم خروجی بر حسب kg/s وVحجم خروجی برحسب m^3/sو ρ بر حسب kg/m^3 است) حجم خروجی گاز از دودکش به دست آمد، سپس با استفاده از فرمول $Q = A \times V$ (که در آن Q دبی گاز خروجی برحسب m^3/sوV سرعت برحسب m/s و A قطر دودکش برحسب متر است)، سرعت گاز خروجی از دودکش محاسبه شد.

بدین ترتیب تمام پارامترهای مورد نیاز برای مدل با در نظر گرفتن بالاترین میزان خروج گاز H_2S از دودکش نیروگاه به مدل وارد شد. جدول۳ این مقادیر این پارامترها را نشان می‌دهد.

۳. حذف H_2S از گازهای‌چگال ناپذیر با استفاده از یک جمع آوری کننده H_2S

درصورتی که مقدار H_2S که باید از گازهای چگال ناپذیر(به‌طور روزانه) حذف شود کمتر از حدود ۱۴۰ کیلوگرم در هر روز باشد، از یک سیستم جمع H_2S مانند سولفوریت که بر مبنای فن آوری تولید گاز می‌باشد استفاده می‌نماییم.

سیستم سولفور-رایت۱ در واقع فرآیندی با بستر ثابت است که از مواد با پایه آهن تشکیل‌شده و در مجاورت H_2S تولید دوده بی ضرر می‌نماید. (جنس بستر از موادی که در ساختار مولکولی خود از آهن استفاده می‌نماید تشکیل شده است.)

$$H_2S + Sulfur - Rite \rightarrow H_2O + Fes_2$$

این فرآیند به عنوان یک فرآیند ساده شناخته شده است. این سیستم دارای مرحله‌ای بنام Batch شامل یک تانک کربن استیل می‌باشد که بتواند بستر مولکولی بر پایه آهن را نگاه دارد. (جنس بستر از موادی که در ساختار مولکولی خود از آهن استفاده می‌نمایند تشکیل شده است.)

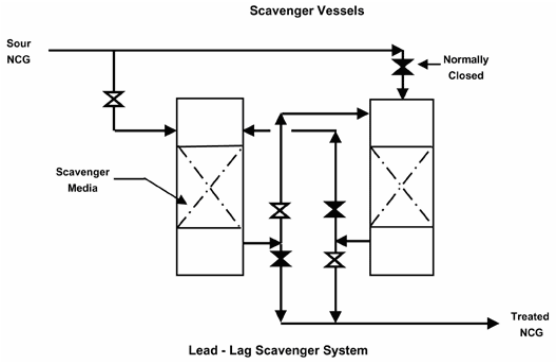
گازهای چگال ناپذیر از این تانک عبور می‌نماید تا تمام آهن به شکل پیریت۲ درآید. در این مرحله تانک خاموش شده و پس از تخلیه بستر قبلی و جایگزینی بستر جدید مجـــدداً پر می‌شود. یک تنظیم Lead-Lag (شکل۱) می‌تواند جهت تصفیه متوالی گازهای چگال ناپذیر حتی در هنگام تغییر بستر به کار رود. در این فرآیند، جریان گازهای چگال ناپذیر به

1- Sulfur-Rite
2-Pyrite

www.SID.ir

Archive of SID

دو تانک سولفور-ریت به صورت سری وارد می‌گردد. وقتی غلظت H_2S خروجی در تانک اول، مشابه غلظت در ورودی بود، تانک از مدار خارج شده و بستر آن تعویض می‌گردد. در طی فرآیند تعویض بستر، گازهای چگال ناپذیر فقط از تانک دوم عبور می‌نماید، وقتی عمل تعویض بستر تکمیل گردید، جهت جریان بر عکس می‌شود.



شکل۱-سیستم جمع آوری کنندهٔ Lead- Lag (۵)

بستر از ماده غیر قابل احیا ساخته شده و در نتیجه هزینه اجرای این پروژه بسیار گران تمام می‌شود و در حدود ۱۲ دلار آمریکا به ازای حذف یک کیلوگرم H_2S می‌باشد، اگرچه این سیستم ساده و غیر خورنده می‌باشد ولی چون از لحاظ هزینه سرمایه گذاری بسیار بالا است هزینـه مطلوب از هر دو لحـاظ فنـی و اقتصادی برای ارزیابی سیستم تأمین نمی‌گردد.

یکی از اصلی ترین مشکلات استفاده از این سیستم در اروپا، مسأله دفع این مواد می‌باشد. در سایر نقاط دنیا، این مواد به راحتی با استفاده از روش دفن، دفع می‌گردد. در صورتی که در اروپا، این روش غیر منطقی و گران است. در نتیجه، استفاده از مواد اولیه جهت ساخت سیستم مناسب (همانند آجر) مورد ارزیابی های بیشتر قرار گرفته است.

۱. به جای جمع آوری H_2S با استفاده از سیستم‌های با بستر جامد می‌توان از سیستم‌های جمع کننده مایع استفاده نمود که عمدتاً از جنس تری‌آزین می‌باشد. از مزایای این روش این است که مواد مصرف شده پس از مصرف به سوراخی در پایین سیستم جهت دفع تزریق می‌گردد. از معایب استفاده از این سیستم هزینه بالای آن می‌باشد (به ازای هر کیلو گرم حذف H_2S، ۳۳ دلار آمریکا هزینه می‌برد) (۵).

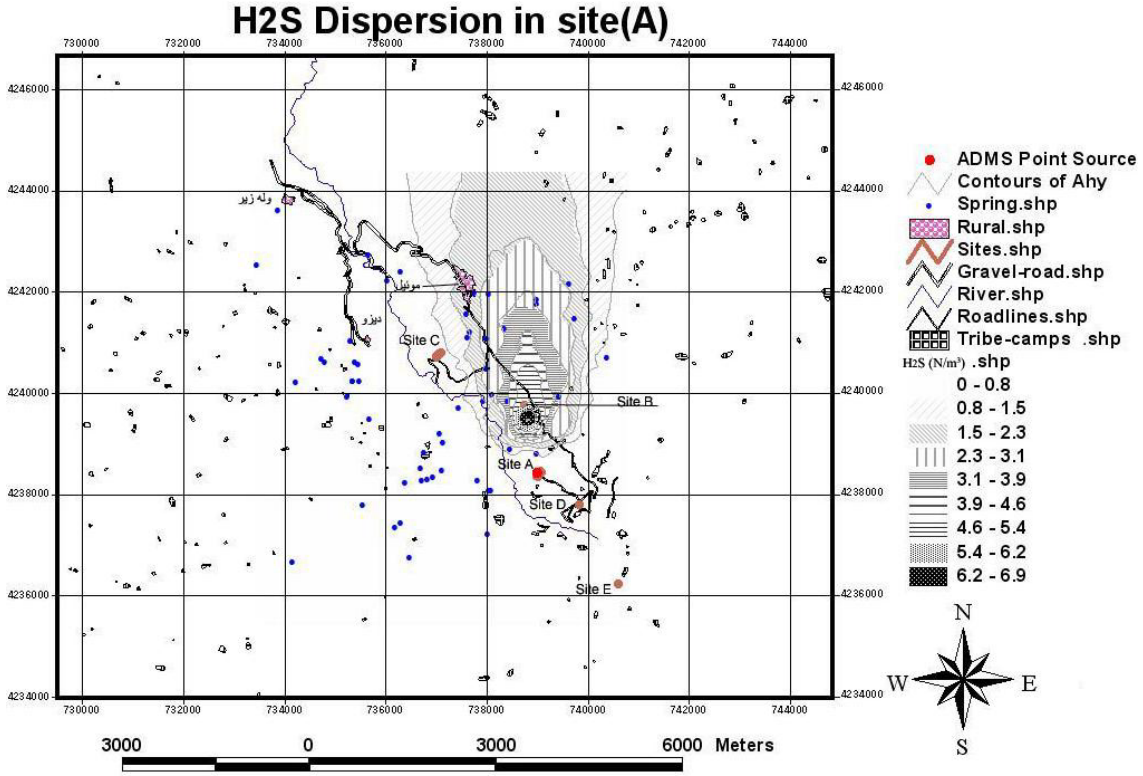
۴. جمع بندی و نتیجه کلی

مدل‌سازی پراکنش گازها به طور گسترده‌ای در مطالعات زیست محیطی در کشورهای مختلف دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد. دراین مطالعه با استفاده از داده‌های هواشناسی، چگونگی انتشار و توزیع آلاینده‌ها از منبع در محیط اطراف منابع انتشار، مدل سازی می‌گردد که با استفاده از نتایج این مدل‌سازی‌ها، راه‌های کاهش این اثرات مورد بررسی قرار گرفته و تکنولوژی‌های لازم برای کاهش میزان آلاینده‌ها و کاهش اثرات مخرب احتمالی تعیین می‌شود.

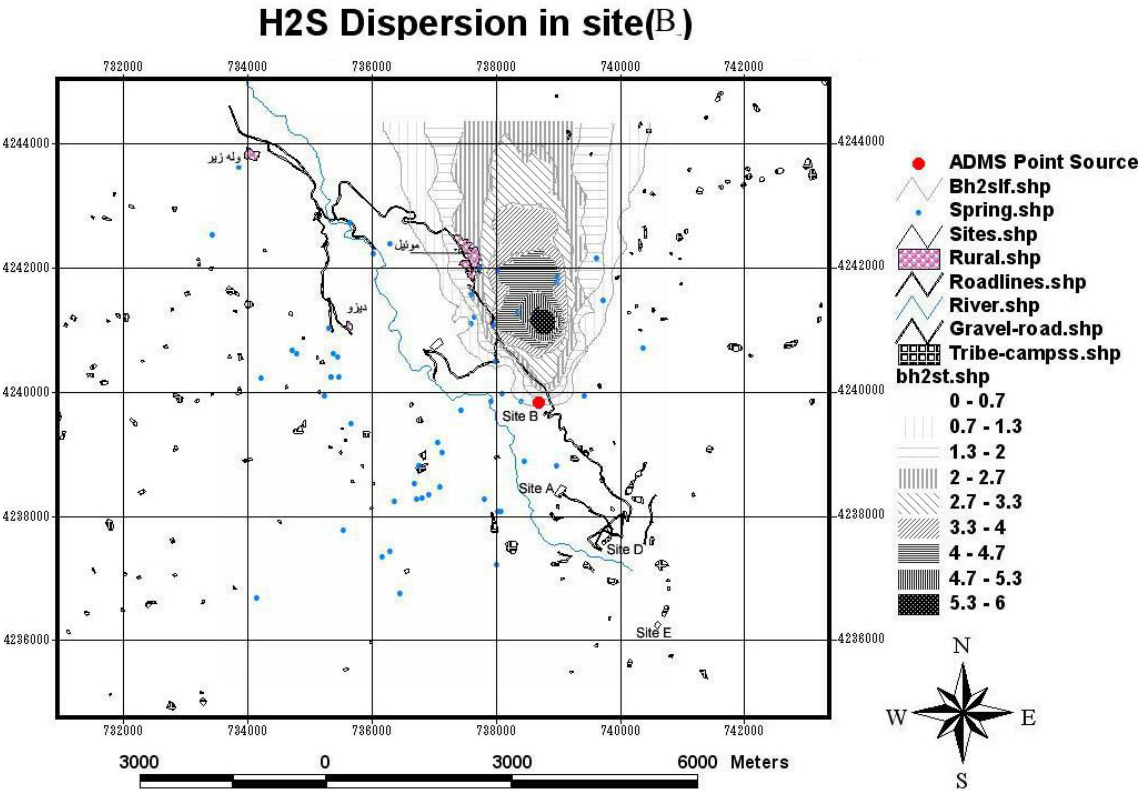
هدف از اجرای این طرح بررسی چگونگی پراکنش گاز سولفید هیدوژن خروجی از نیروگاه زمین گرمایی سبلان در محیط اطراف نیروگاه،که شامل سه روستای موئیل، ولەزیر و دیزو و در فصل‌های خاصی عشایر و دام‌های آن‌ها و همچنین ساختمان اداری و کمپ رفاهی می‌باشد و همچنین مقایسه نتایج با استانداردهای جهانی ارایه شده برای غلظت این گاز در هوا بود که نتایج حاصله همان طور که نمودارهای ۲ و ۳ نشان می‌دهد پراکنش بیشتر در جهت شمال و شمال شرقی می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار۲-پیش بینی نحوهٔ پراکندگی گاز H_2S در سایتA نیروگاه زمین گرمایی سبلان در یک سال



نمودار۳-پیش بینی نحوهٔ پراکندگی گاز H_2S در سایتB نیروگاه زمین گرمایی سبلان در یک سال

www.SID.ir

Archive of SID

میزان غلظت H_2Sدر هوا کمتر از ۶/۹ $\mu g/m^3$ در سایت A وکمتر از ۶ $\mu g/m^3$ در سایتB است. که این میزان بسیار کمتر از استانداردهای تعیین شده در کشور و حتی استانداردهای تعیین شده به وسیله مؤسسات NIOSH و OSHA برای کیفیت هوا (به ترتیب ۱۴۰۰۰ $\mu g/m^3$و ۲۸۰۰۰ $\mu g/m^3$) می‌باشد.

پس می‌توان گفت که این نیروگاه از نظر تولید H_2S آلودگی قابل ملاحظه ای ایجاد نمی‌کند.

منابع

1. Guido Sequeira, H.2005: *Check-Up of the Hydrogen Sulfide Dispersion Model for the Miravalles Geothermal Field after Four Years of Monitoring*,World Geothermal Congress, Turkey, 252-254
2. Hardardóttir , V. & Ármannsson, H., 2005: *Characterization of Sulfide-Rich Scales in Brine at Reykjanes* , World Geothermal Congress, Turkey, 2026-2028

۳. سازمان بهره وری انرژی،۱۳۸۰،گزارش ارزیابی اثرات زیست محیطی نیروگاه زمین گرمایی مشکین شهر

4. ADMS_userguid ,2003:Cambridge Environmental Research Consultants (CERC)
5. www.gtp-merichem.com

www.SID.ir