پیش‌بینی و بررسی چگونگی پراکنش گاز H2S، خروجی از نیروگاه زمین‌گرمایی سبلان

عبدالرضا کرباسی[۱]، مجید عباسپور[۲]، سپیده سحر محمد میرزائی[۳]

۱- سازمان بهره‌وری انرژی ایران
۲- دانشکده مکانیک دانشگاه صنعتی شریف
۳- دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

چکیده

بخار قابل دید خروجی از برج خنک کننده و بوی H2S، قابل تشخیص عمده‌ترین آثار زیست‌محیطی وجود تأسیسات زمین گرمایی می‌باشند 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 زمین‌گرمایی می‌باشد.

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

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

جمع‌آوری زود هنگام اطلاعات و ایجاد برنامه‌های حفر چاه‌های و تولیدی و بهره‌برداری 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 پیش‌بینی پراکنش یکی از گازهای اصلی نیروگاه‌های زمین گرمایی برای چاره‌اندیشی در مورد عوارض احتمالی است.

واژه‌های کلیدی: آلودگی هوا، نیروگاه زمین گرمایی، گاز سولفید هیدروژن H2S.

نشریه انرژی ایران/ سال نهم/ شماره ۲۴/ آبان ۱۳۸۴

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

مقدمه

نبروگاه زمین‌گرمایی سبلان در حوضه ای به مساحت ۱۳۲,۷ کیلومتر مربع در جنوب شهرستان مشکین شهر واقع گردیده. که از نظر مختصات جغرافیایی ما بین مدارهای ″۵۵،′۱۱و°۳۸ و″۰۰،′۲۲و°۳۸ شمالی و نصف‌النهارهای ″۳۰،′۳۸و°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 زیست‌محیطی کمبریج برای مدیریت کیفیت هوای شهری در انگلستان طراحی شده است.

۱- سولفید هیدروژن : H2S

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 انسان‌ساز 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 و گوگرد تجزیه می‌شود و هنگام تماس با مواد اکسید کننده مثل اسید نیتریک، تری فلوئور کلر واکنش شدید نشان داده و خود به خود مشتعل می‌گردد.

سولفید هیدوژن حتی در غلظت‌های کم، دارای اثر تحریک کننده بر روی چشم‌ها 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 می‌شوند، 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 هستند، تبدیل می‌گردد. در بدن جمع نمی‌شود و به تدریج از راه تنفس، ادرار و مدفوع خارج می‌گردد.

در موارد مسمومیت جزئی که دردهای ساق پا و به ندرت بیهوشی اتفاق می‌افتد. در مسمومیت متوسط بیهوشی به مدت چند دقیقه بدون ناراحتی تنفسی بوجود می‌آید. در مسمومیت‌های شدید شخص وارد اغمای عمیق همراه با تنگی نفس، افزایش دفعات تنفس و کبودی تا برگشت تنفس می‌شود. ضربان تند قلب و انقباض‌های پی در پی در عضلات مشاهده می‌گردد .{NIOSH, 1977}.

برخی کشورها مقررات سختگیرانه‌ای برای حداکثر انتشار این گاز در اتمسفر قائل شده‌اند که در جدول (۱) برخی از آنها نشان داده شده است

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

جدول ۱ ـ استانداردهای کشورها و مؤسسات مختلف برای انتشار H2S {WGC,2005} و گزارش ارزیابی اثرات زیست محیطی نیروگاه زمین‌گرمایی مشکین شهر ۱۳۸۰}

کشور یا مؤسسه	استاندارد ـ توضیحات
ایران	استاندارد درجه ۱ $\mu g/m^3$[۱] ۱۰۰۰۰ و استاندارد درجه۲ $\mu g/m^3$[۲] ۲۵۰۰۰
OSHA[3]	تا $\mu g/m^3$ ۲۸۰۰۰ سقف قابل قبول $\mu g/m^3$ ۷۰۰۰۰، حداکثر تا ۱۰ دقیقه در معرض بودن
NIOSH[4]	$\mu g/m^3$ ۱۴۰۰۰ از ۱۰ دقیقه تا ۱۰ ساعت درمعرض بودن
ACGIH[5]	$\mu g/m^3$ ۱۴۰۰۰ میانگین ۸ ساعته و ۴۰ ساعت در دقیقه برای کارگران
ایتالیا	$\mu g/m^3$ ۴۲ بعنوان میانگین ۲۴ ساعته در محیط‌های شهری
کالیفرنیا	$\mu g/m^3$ ۴۲ میانگین ۱ ساعته

۲- مدلسازی پراکندگی سولفید هیدروژن در نیروگاه سبلان

نرم افزار ADMS-URBAN برای نشان دادن نحو ه پراکندگیH_2S استفاده شد که در آن معادلات گوسین استفاده گردیده و 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 و جهت باد، که از سازمان هواشناسی کشور و دستگاه‌های سازمان بهره‌وری انرژی (سابا) که در سایت حفاری موجود بود، تهیه ودر محیط Excel مرتب و به 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 و در نتیجه جهت و سرعت باد غالب تعیین شد.

که در نمودار شماره (۱) در پیوست نشان داده شده است، همانطور که از نمودار واضح است جهت باد غالب غربی و شمال جنوب غربی می‌باشد که سرعت‌های آنها (m/s)۴ الی (m/s) ۷ بوده و به ترتیب حدود ۱۸٪ و ۱۵٪ کل بادها را در طول یکسال به خود اختصاص داده‌اند. دمای هوا بین -17^{oc} الی 12^{oc} متغیر بوده که ماه بهمن کمترین درجه حرارت و ماه مرداد بیشترین درجه حرارت در محیط را به خود اختصاص داده است.

۱- استاندارد درجه ۱ در مورد صنایعی است که محل آنها با ضوابط استقرار موضوع ماده ۱۲ قانون نحوه جلوگیری از آلودگی هوا مصوب ۱۳۷۴/۲/۳ مغایرت داشته باشد اعمال می‌شود.

۲- استانداردهای درجه ۲برای کارخانه‌ها و کارگاههای موجود که عمل آنها با ضوابط استقرار فوق الذکر مغایرتی ندارد مدرک عمل خواهد بود.

3- OSHA (Occupational Safety and Health Administration).
4-NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health).
5-ACG (American Conference of Governmental Industrial Hygienist).

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

تعداد روزهای با پوشش ابری کامل، $\left(\frac{8}{8}\right)$آسمان،۷٤ روز است که با احتساب روزهای ابری با پوشش ابر بیش از $\left(\frac{4}{8}\right)$آسمان ۱٤۸ روز می‌شود. ابر ناک‌ترین روزهای سال‌ها مربوط به فصل زمستان مخصوصا ماه اسفند در مقابل روزهای بدون پوشش ابر ۱۸۱ روز می‌باشد که مربوط به فصل تابستان و مخصوصا ماه مرداد است.

۲-۲- نرم افزاری 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 مضافاً 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 بروزرسانی را با توجه به تغیرات آب و هوا و خصوصیات منبع یا منابع انتشار را دارد. نتایج مدل به صورت کانتورهای هم غلظت در واحدهای مطلوب (ppm، $\mu g/m^3$ یا mg/m^3) نمایش داده می‌شود. {ADMS_userguid.2003}

با توجه به اینکه از تأسیسات از قبل ساخته شده و آماده نصب استفاده خواهد شد، داده‌های مربوط به دودکش نیروگاه پس از بررسی نیروگاه‌های فعال در دنیا بدست آمد. که در مورد ارتفاع و قطر دودکش به ترتیب ۲۵و ۲ متر در نظر گرفته شد. در مورد نرخ انتشار با توجه به اینکه میزان H_2S در نمونه‌های اندازه‌گیری شده از چاه‌های زمین‌گرمایی سبلان موجود بود (mg/kg ۸۸/٦٤) و با احتساب kg/s105 بخار مورد نیاز برای تولید ۵۰ مگاوات، غلظت وجود 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 زمین‌گرمایی با کمترین افت حرارت در طول مسیر منظور شد. برای تعیین سرعت گاز خروجی، ابتدا با استفاده از نمودارTs، چگالی سیال زمین‌گرمایی تعیین و سپس با استفاده از فرمول ρ=M/V- که در آن Mجرم خروجی بر حسب kg/s وVحجم خروجی برحسب m^3/s و ρ بر حسب kg/m^3 است-حجم خروجی گاز از دودکش بدست آمد، سپس با استفاده از فرمول Q=A*V-که در آن Q دبی گاز خروجی برحسبm^3/s و Vسرعت 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.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

نتیجه‌گیری

مدل‌سازی پراکنش گازها بطور گسترده‌ای در مطالعات زیست‌محیطی در کشورهای مختلف دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد. دراین مطالعه با استفاده از داده‌های شرایط آب وهوایی، و چگونگی انتشار و توزیع آلاینده‌ها از منبع در محیط اطراف منابع انتشار مدلسازی 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 می‌گردد.

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

میزان غلظت H2S در هوا کمتر از ۹/۶ $\mu g/m^3$ در سایت A و کمتر از ۶ $\mu g/m^3$ در سایت B 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 H2S آلودگی قابل ملاحظه‌ای ایجاد نمی‌کند.

منابع

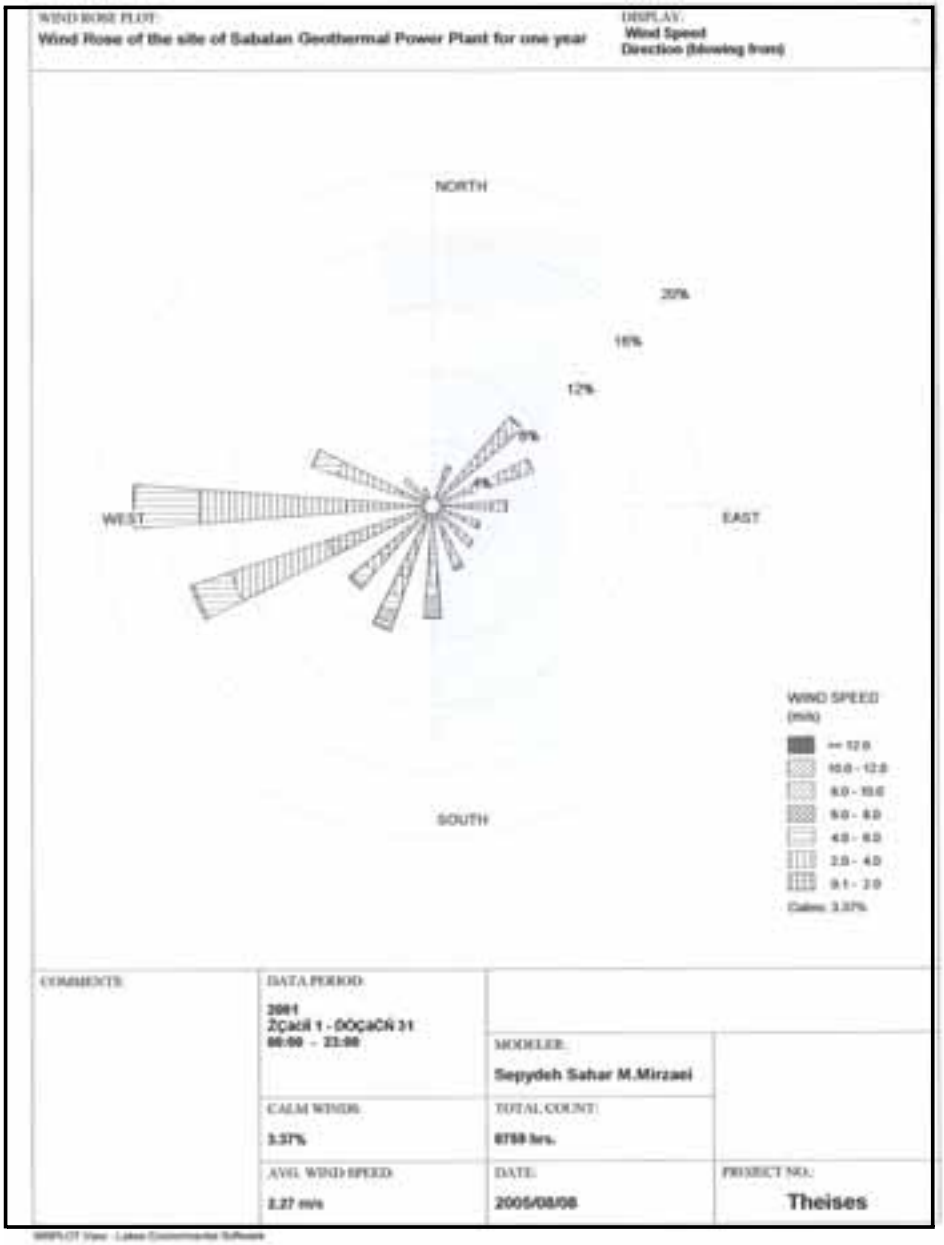
۱- سازمان بهره‌وری انرژی، گزارش ارزیابی اثرات زیست محیطی نیروگاه زمین‌گرمایی مشکین شهر ۱۳۸۰

2- World Geothermal Congress، 2005، Hartman Guido Sequeira

3- ADMS –userguid، 2003، Cambridge Environmental Research Consultants (CERC)

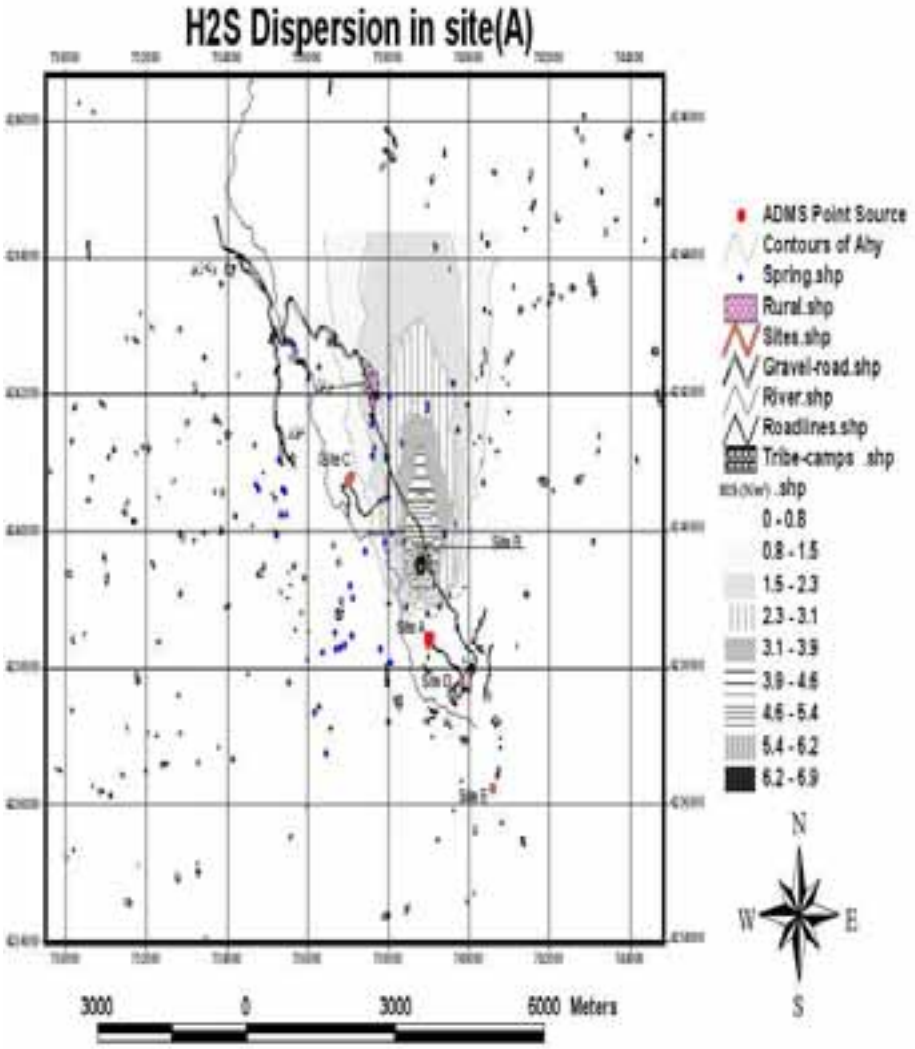
[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

پیوست ۱



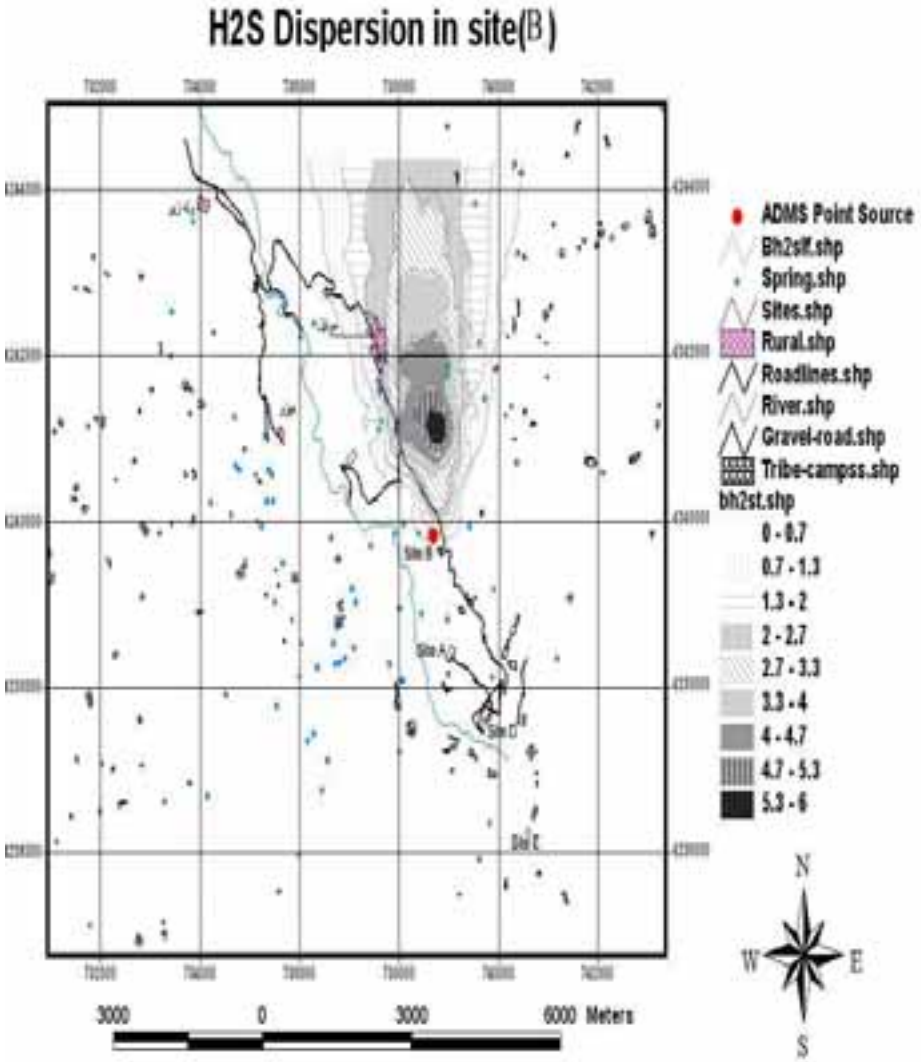
[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

پیوست ۲



[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]

پیوست ۳



[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-08]