Archive of SID

مجله مهندسی بهداشت محیط، تابستان ۱۳۹۶، سال ۴، شماره ۴: ۲۷۹-۲۸۸

# شبیه‌سازی غلظت و نحوه پراکنش گاز سولفید هیدروژن ($H_2S$) ناشی از کوره‌های زباله‌سوز واحد بازیافت گوگرد در یک پالایشگاه گازی در عسلویه

اعظم مینابی[۱]، فریده عتابی[۱*]، فرامرز معطر[۱]، محمدجواد جعفری[۲]

[۱] گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران
[۲] گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید بهشتی

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۱۱/۱۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۳/۲

## چکیده

**زمینه و هدف:** پالایشگاه‌ها یکی از منابع اصلی آلودگی محیط‌زیست هستند که آلاینده‌های متعددی ازجمله $H_2S$ به محیط وارد می‌کنند. بنابراین نحوه انتشار و فرایند کنترل آن از حیث رعایت استانداردهای زیست‌محیطی از مسائل مهم واحدهای صنعتی است. این تحقیق به‌منظور بررسی غلظت و نحوه پراکنش گاز $H_2S$ از کوره‌های زباله‌سوز واحدهای بازیافت گوگرد در یک پالایشگاه گازی واقع در منطقه عسلویه انجام‌شده است.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه غلظت آلاینده‌های منتشره از ۲ دودکش کوره‌های زباله‌سوز و همچنین غلظت آلاینده $H_2S$ در ۵ ایستگاه پایش محیطی در محدود پالایشگاه و اطراف آن طی چهارفصل از تابستان ۱۳۹۳ تا پایان بهار ۱۳۹۴ اندازه‌گیری شد. سپس میزان غلظت‌های محیطی و نحوه انتشار آلاینده $H_2S$ ناشی از عملکرد این کوره‌ها با استفاده از مدل AERMOD برای متوسط‌های زمانی یک‌ساعته و ۸ ساعته به‌صورت فصلی در مقیاس ۵۰×۵۰ کیلومترمربعی شبیه‌سازی گردید و نتایج شبیه‌سازی‌شده با مقادیر اندازه‌گیری‌های میدانی مقایسه گردید و سپس ترازهای هم غلظت و نیز نواحی حساس در محیط GIS نمایش داده شد.

**یافته‌ها:** بررسی غلظت‌های بیشینه نشان داد حداکثر غلظت در دوره زمانی یک‌ساعته رخ‌داده است. ارزیابی عملکرد مدل بر اساس آنالیز آماری با مقایسه غلظت‌های شبیه‌سازی‌شده $H_2S$ و مقادیر اندازه‌گیری شده میدانی انجام شد. نتایج نشان داد ضرایب همبستگی در فصول تابستان۹۳ ، پاییز ۹۳ ، زمستان ۹۳ و بهار ۹۴ به ترتیب ۰/۷۷ ، ۰/۸۹ ، ۰/۷۵ و ۰/۸۰ بوده است.

**نتیجه‌گیری:** نتایج نشان داد که روند تغییرات غلظت‌های اندازه‌گیری شده با روند تغییرات نتایج حاصل از اجرای مدل همخوانی داشته است. همچنین سهم صنایع همسایه نیز تعیین گردید. مقایسه حداکثر غلظت ۸ ساعته با استانداردهای OSHA و NIOSH نشان داد که در کلیه موارد غلظت‌ها پایین‌تر از حد استاندارد بوده است.

**کلمات کلیدی:** پالایشگاه گاز، مدل‌سازی انتشار، سولفید هیدروژن، واحد بازیافت گوگرد،، مدل AERMOD

* **نویسنده مسئول:** گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران
ایمیل: far-atabi@jamejam.net-تلفن تماس: ۰۲۱-۴۴۸۶۷۲۷۵

www.SID.ir

Archive of SID



## مقدمه

پالایشگاه‌های نفت و گاز یکی از منابع عمده آلودگی ناشی از آلاینده $H_2S$ به شمار می‌روند. بنابراین میزان و نحوه انتشار این آلاینده و تأثیرات بهداشتی آن بر افراد و سایر خطرات محیطی بر تأسیسات و فرایند کنترل آن‌ها از مباحث مهم موردتوجه پژوهشگران و کارشناسان حوزه محیط‌زیست می‌باشد. در صنعت گاز مطابق با استاندارد گاز طبیعی حد مجاز این آلاینده در گاز ppm ۵ می‌باشد [۱]. از عوارض عمده حضور این گاز در محیط‌های صنعتی، گرفتگی عروق قلب و التهاب مزمن چشم می‌باشد [۲].

سولفید هیدروژن موجود در گازترش پس از جداسازی در واحد شیرین سازی گاز توسط محلول آلکانول آمین‌ها جهت تبدیل به $SO_2$ و درنهایت گوگرد عنصری وارد واحد بازیافت گوگرد (SRU) می‌شود. در این واحدها از فرایند کلاوس (Claus) استفاده می‌شود. میزان بازیافت گوگرد برای فرآیند کلاوس با دو راکتور ۹۶-۹۰ درصد و با سه راکتور ۹۸-۹۵ درصد می‌باشد [۳]. بنابراین واحدهای بازیافت گوگرد به‌تنهایی نمی‌توانند الزامات زیست‌محیطی منطقه‌ای و بین‌المللی را برآورده نمایند. از طرفی ایجاد تغییرات در بخش‌های بالادستی این واحد و همچنین تغییرات ترکیب خوراک در تابستان و زمستان از عوامل مؤثر بر بازدهی واحدهای بازیافت گوگرد هستند. بنابراین به‌صورت کلی حتی درصد بازیافت تعیین‌شده در حالت طراحی نیز به دلیل کاهش بازدهی تجهیزات و کم شدن فعالیت کاتالیست ها قابل حصول نخواهد بود. به عبارتی امروزه احداث بخش تصفیه گازهای انتهایی ( Tail Gas Treatment) در ادامه فرایند کلاوس در واحدهای بازیافت گوگرد جهت دستیابی به درصد بازیافت بالاتر و رعایت استانداردهای زیست‌محیطی ضروری است. با احداث این بخش، درنهایت میزان بازیافت گوگرد به ۹۹/۵-۹۸ درصد خواهد رسید [۴]. با توجه به عدم احداث بخش بازیابی گازهای انتهائی در برخی پالایشگاه‌های گاز، در حال حاضر حجم قابل‌ملاحظه‌ای از ترکیبات گوگردی شامل $H_2S$ واکنش نداده وارد کوره‌های زباله‌سوز (Incinerator) شده و به $SO_2$ تبدیل می‌شوند. در صورت عدم عملکرد صحیح این کوره‌ها همواره مقادیری $H_2S$ وارد محیط‌زیست می‌شود که خطرات بهداشتی و زیست‌محیطی فراوانی به همراه دارد. بنابراین، تعیین میزان این آلاینده و نحوه انتشار آن از اهمیت ویژه‌ای در صنعت گاز برخوردار است.

میردریکوند و همکاران در سال۱۳۸۸ غلظت آلاینده $H_2S$ در پالایشگاه گاز شهید هاشمی نژاد (خانگیران) را موردبررسی قراردادند. در این تحقیق میزان غلظت گاز $H_2S$ در ایستگاه‌های اندازه‌گیری در طول ۳ ماه (تابستان ۱۳۸۸) اندازه‌گیری و با استانداردهای جهانی مقایسه گردید. نتایج حاصل نشان داد که در محیط‌های نمونه‌گیری گاز شیرین متوسط غلظت $H_2S$ در طول سه ماه ppm ۰/۳۷۵ و در حد مجاز بوده است. این در حالی است که در گازترش ورودی به پالایشگاه میزان این آلاینده از استانداردهای جهانی بسیار بالاتر است [۵].

باقری و همکاران در سال۱۳۹۱ میزان غلظت گاز $H_2S$ در واحد بهره‌برداری و همچنین واحد نمک‌زدایی شرکت نفت و گاز مسجدسلیمان را مورد بررسی قرار داده و سپس با استانداردهای بین‌المللی مقایسه نمودند. در تحقیق فوق میزان انتشار این آلاینده در مدت ۶ ماه (بهار و تابستان) مورد بررسی قرار گرفت، منابع انتشار مشخص و درنهایت چهارچوب مدیریت زیست‌محیطی انتشار این گاز در واحدهای مذکور تدوین گردید. نتایج نشان داد غلظت گاز $H_2S$ در واحد بهره‌برداری بین ppm ۰/۲۱۸ تا ۳/۸ppm و در واحد نمک‌زدایی بین ppm ۰/۰۵۶ تا ppm ۰/۹ بوده که پایین‌تر از حد مقادیر استاندارد است [۶-۷].

در مقالات فوق از مدل‌های انتشار استفاده‌نشده است، لیکن یکی از روش‌های شناسایی میزان آلاینده‌ها در محیط‌های صنعتی استفاده از مدل‌های ریاضی انتشار نظیر AERMOD است. این مدل از سال ۲۰۰۰ در بسیاری از کشورها



www.SID.ir

Archive of SID



مورداستفاده قرار می‌گیرد. مدل‌های انتشار، غلظت آلاینده‌های محیطی را بر اساس موقعیت منابع آلاینده، شرایط هواشناسی و توپوگرافی محل و پایداری انتشار شبیه‌سازی نموده و الگوی زمانی و مکانی غلظت آلاینده‌ها در سطح زمین (GLC) را ارائه می‌دهند [۸].

جعفری گل و همکاران در سال۱۳۹۴ اقدام به شبیه‌سازی انتشار آلاینده $NO_2$ در یک پالایشگاه گاز در پارس جنوبی با مدل AERMOD نمودند. در این مطالعه غلظت آلاینده‌ها به‌صورت فصلی از منابع و همچنین محیط پالایشگاه اندازه‌گیری گردید و سپس نتایج حاصل از اجرای مدل با نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های میدانی مورد ارزیابی قرار گرفت[۹]. همچنین در مطالعه دیگری این مدل جهت پیش‌بینی غلظت آلاینده‌های $NO_x$ و $SO_2$ در شهر Xuanwei چین مورداستفاده قرار گرفت [۱۰].

انتشار، توزیع و انتقال آلاینده PM منتشرشده از یک منطقه بزرگ صنعتی در آرژانتین با استفاده از مدل AERMOD. شبیه‌سازی گردید. در این مطالعه ۲۲۴ منبع انتشار موردبررسی قرار گرفت و درنهایت عملکرد مدل بر اساس مقایسه نتایج حاصل از مدل با غلظت‌های اندازه‌گیری شده در طی ۶۲ روز پیوسته موردبررسی قرار گرفت[۱۱]. در مطالعه دیگری مدل AERMOD جهت پیش‌بینی غلظت‌های $NO_x$ , CO, $SO_2$ و $PM_{10}$ در فرآیند کلسینه کردن (Calcining Process) دریکی از واحدهای پتروشیمی در آرژانتین انجام شد و سپس غلظت‌های شبیه‌سازی‌شده و مشاهده‌شده با استانداردهای بهداشت محیط مقایسه گردیدند. نتایج نشان داد که در همه موارد غلظت‌های محیطی کمتر از مقادیر تعیین‌شده در استانداردهای کیفیت هوا می‌باشد.[۱۲]

در این تحقیق میزان $H_2S$ ناشی از دو کوره زباله‌سوز واحد بازیافت گوگرد دریکی از پالایشگاه‌های موجود در منطقه پارس جنوبی در چهارفصل اندازه‌گیری شد. همچنین در پنج ایستگاه پایش نیز اندازه‌گیری آلاینده $H_2S$ در طول یک سال طی چهارفصل از تابستان ۱۳۹۳ تا پایان بهار ۱۳۹۴ انجام شد. سپس پیش‌بینی میزان غلظت و نحوه پراکنش این آلاینده با مدل AERMOD انجام پذیرفت و عملکرد مدل مورد ارزیابی قرار گرفت. در پایان نحوه پراکنش به‌صورت فصلی با کانتورهای هم غلظت بر روی نقشه منطقه نمایش داده شد و مناطق با ریسک بهداشتی بالا شناسایی گردید.

## مواد و روش‌ها

### محدوده مطالعاتی

پالایشگاه موردنظر در بندر عسلویه در موقعیت جغرافیایی'۳۴ °۵۲ تا '۳۶ °۵۲ طول شرقی و'۳۰ °۲۷ تا '۳۱ °۲۷ عرض شمالی واقع‌شده است. هر فاز این پالایشگاه دارای دو واحد بازیافت گوگرد به روش کلاوس بوده که هر یک دارای ظرفیت اسمی تولید ۱۰۰ تن گوگرد در روز می‌باشند. هر یک از فازها نیز دارای یک کوره زباله‌سوز جهت سوزاندن ترکیبات گوگردی واکنش نداده است [۱۳]. به‌منظور تعیین دقیق غلظت $H_2S$ منتشره از این کوره‌ها در چهارفصل از تیرماه ۱۳۹۳ تا پایان خرداد ۱۳۹۴ اندازه‌گیری با دستگاه پرتابل TESTO XL 350 بر اساس استاندارد-ASTM D6522 11(2011) انجام شد. همچنین پنج ایستگاه پایش محیطی در محوطه اطراف پالایشگاه تعیین شد (جدول۱). ایستگاه‌ها بر اساس سه سناریو، در نزدیکی منبع انتشار (ایستگاه‌های A و C), در جهت باد غالب (ایستگاه B) و در مرز این پالایشگاه با سایر پالایشگاه‌های همسایه (ایستگاه‌های D و E ) انتخاب گردیدند. اندازه‌گیری $H_2S$ محیطی با استفاده از دستگاه Gasman انجام شد. اندازه‌گیری $H_2S$ از منابع انتشار و ایستگاه‌های محیطی به‌صورت فصلی (چهار بار در هر فصل) انجام شد و درمجموع ۳۲ نمونه از منابع انتشار و ۸۰ نمونه از ایستگاه‌های پایش اخذ گردید.



www.SID.ir

Archive of SID



## اجرای مدل AERMOD

مدل AERMOD یک مدل گوسی پراکنش در شرایط پایدار (Steady-state dispersion model ) است که جهت پیش‌بینی غلظت آلاینده‌های محیطی از منابع مختلف نقطه‌ای، خطی، حجمی و سطحی در مناطق صنعتی و مسکونی و نواحی مسطح یا ناهموار در محدوده‌های تا شعاع کمتر از ۵۰ کیلومتری بکار می‌رود. این مدل از یک پردازشگر اصلی بنام AERMOD، یک پیش پردازنده هواشناسی به نام AERMET و یک پیش پردازنده جهت شبیه‌سازی توپوگرافی به نام AERMAP تشکیل‌شده است. مدل با استفاده از نتایج دو پیش پردازنده و اطلاعات مربوط به منابع انتشار و پذیرنده‌ها، شبیه‌سازی را انجام داده و غلظت آلاینده‌ها را پیش‌بینی می‌نماید [۱۴].

داده‌های هواشناسی یکی از مهم‌ترین داده‌های ورودی به مدل‌های پراکنش آلودگی هوا جهت محاسبه غلظت‌های آلاینده‌ها می‌باشد. در این تحقیق، پوشش ابری و فشار جوی به‌عنوان پارامترهای سطحی، همچنین دمای نقطه شبنم، درجه حرارت، جهت و سرعت باد و نیز درصد رطوبت نسبی به‌عنوان پارامترهای نیم‌رخی در نظر گرفته‌شده‌اند. داده‌های مذکور از داده‌های ثبت و کنترل کیفی شده سازمان هواشناسی کشور برای ایستگاه سینوپتیک عسلویه که در موقعیت ۲۷ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۳۷ دقیقه طول شرقی واقع گردیده و ارتفاع آن از سطح دریا ۷ متر می‌باشد، در طول یک سال از تیرماه ۹۳ تا پایان خردادماه ۹۴ به‌صورت ساعتی از سازمان هواشناسی کشور [۱۵] اخذ گردید. همچنین با استفاده از نرم‌افزار WRPLOT و بر اساس سرعت و جهت بادهای ثبت‌شده، گلباد سالیانه منطقه موردمطالعه رسم گردید. در شکل ۱ نمودار فراوانی این بادها و همچنین گلباد سالیانه نمایش داده‌شده است. در طول سال، باد غالب از سمت شمال غربی به جنوب شرقی بوده است.

علاوه بر این، پیش پردازنده AERMET سه پارامتر ضریب آلبدو، نسبت بوان و طول زبری سطح را به‌عنوان مشخصات سطحی منطقه نیاز دارد.[۱۶] برای تعیین این مقادیر، منطقه موردمطالعه، برحسب نوع کاربری زمین‌های اطراف و پوشش گیاهی آن‌ها، در جهت گردش عقربه‌های ساعت به ۳ قطاع مساوی تقسیم گردید و مقادیر این سه پارامتر معرفی شدند. متوسط سالیانه ۳ پارامتر ضریب آلبدو ، نسبت بوان و زبری سطح در سه قطاع به ترتیب ۰/۲۳ ، ۴/۰۳ و ۰/۲ می‌باشد. همچنین از فایل‌های رقومی ارتفاع ناهمواری‌ها (Digital Elevation Maps) به‌عنوان ورودی پیش پردازنده AERMAP استفاده‌شده است. این داده‌ها باید به فرمت XYZ تبدیل شوند. داده‌های فوق از سازمان نقشه‌برداری کشور اخذ گردیده است[۱۷]. خروجی پیش پردازنده AERMAP مختصات گیرنده‌ها و ارتفاع آن‌ها از سطح دریا، ارتفاع ناهمواری‌ها در محل پذیرنده‌ها و مختصات جغرافیایی منابع آلاینده است [۱۸].

جهت اجرای مدل AERMOD اطلاعاتی از منابع انتشار (کوره‌های زباله‌سوز) شامل نرخ انتشار ، ارتفاع منبع، قطر منبع، دما و سرعت گاز خروجی از منبع موردنیاز است. همچنین موقعیت مکانی منابع انتشار و پذیرنده‌ها در سیستم UTM (Universal Transverse Mercator) مشخص گردید و سپس به مختصات کارتزین تبدیل گردید.

## صحت سنجی عملکرد مدل

به‌منظور ارزیابی عملکرد مدل، ۵ ایستگاه پایش در پالایشگاه و اطراف آن مشخص گردید و سپس با استفاده از پارامترهای استاندارد آماری نتایج حاصل از اجرای مدل AERMOD در مقیاس زمانی ۸ ساعته مورد ارزیابی قرار گرفت. این پارامترها شامل ضریب همبستگی (CC) و متوسط بایاس نرمال شده (NMB) و متوسط خطای نرمال شده (NME) مطابق با معادلات (۱)، (۲) و (۳) می‌باشند. در معادلات فوق S غلظت‌های شبیه‌سازی‌شده، M مقادیر اندازه‌گیری شده میدانی و n تعداد پذیرنده‌ها می‌باشد.



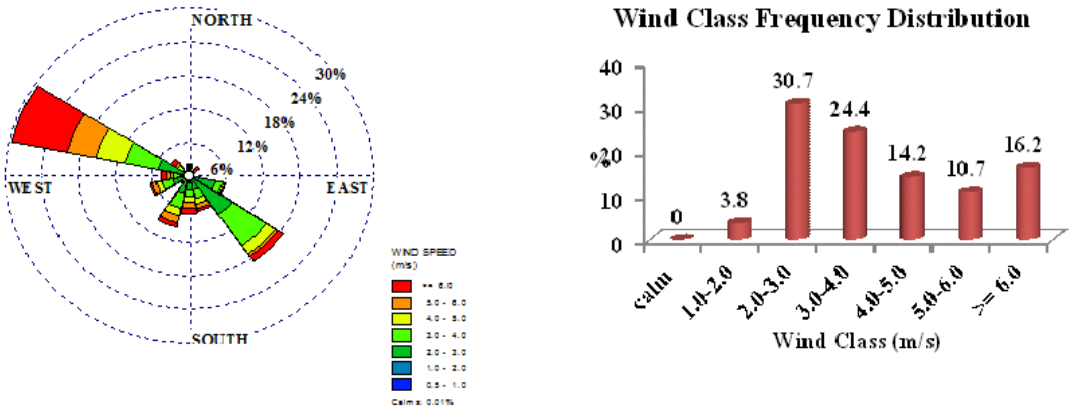
www.SID.ir

Archive of SID



**جدول ۱:** موقعیت ایستگاه‌های پایش محیطی در مختصات کارتزین

| ایستگاه | موقعیت در مختصات کارتزین | | |
|---|---|---|---|
| | X(m) | Y(m) | Z(m) |
| A | -۴۷۸ | ۴۰۲ | ۱/۵ |
| B | -۴ | ۹۰۴ | ۱/۵ |
| C | ۷۹۹ | ۵۵ | ۱/۵ |
| D | ۶۶۷ | -۴۶۰ | ۱/۵ |
| E | ۹۸۲ | -۲۰۱ | ۱/۵ |




**شکل ۱:** نمودار فراوانی بادها و گلباد سالیانه منطقه پارس جنوبی در چهارفصل (تابستان ۹۳ تا بهار ۹۴)

دامنه تغییرات NMB (-1, +∞) و NME (0,+∞) است. و برای NMB، 15% ≥ می‌باشد [۹].

معیار سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا برای NME ، 30%≥

$$\text{Correlation Coefficient (CC)} = [1/(n-1)] \times \sum_{n=1}^{\infty}[((M-\overline{M})/\delta M) \times ((S-\overline{S})/\delta S)] \quad (۱)$$

$$Normalized\ Mean\ Bias(\text{NMB}) = \sum_1^n(S-M)/\sum_1^n M \quad (۲)$$

$$Normalized\ Mean\ Bias(\text{NMB}) = \sum_1^n(S-M)/\sum_1^n M \quad (۳)$$



www.SID.ir

Archive of SID



## یافته‌ها

در جدول ۲ مشخصات، موقعیت و نرخ انتشار متوسط سالیانه مربوط به دو کوره زباله‌سوز ارائه گردیده است.

همچنین ترازهای هم غلظت حاصل از اجرای مدل، در محیط GIS بر روی نقشه Google در شکل ۲ ارائه‌شده‌اند. در این شکل نحوه پخش و پراکنش آلاینده $H_2S$، در محدوده ۵۰×۵۰ کیلومترمربعی بر اساس غلظت متوسط فصلی برحسب $\mu gr/m^3$ نشان داده‌شده است.

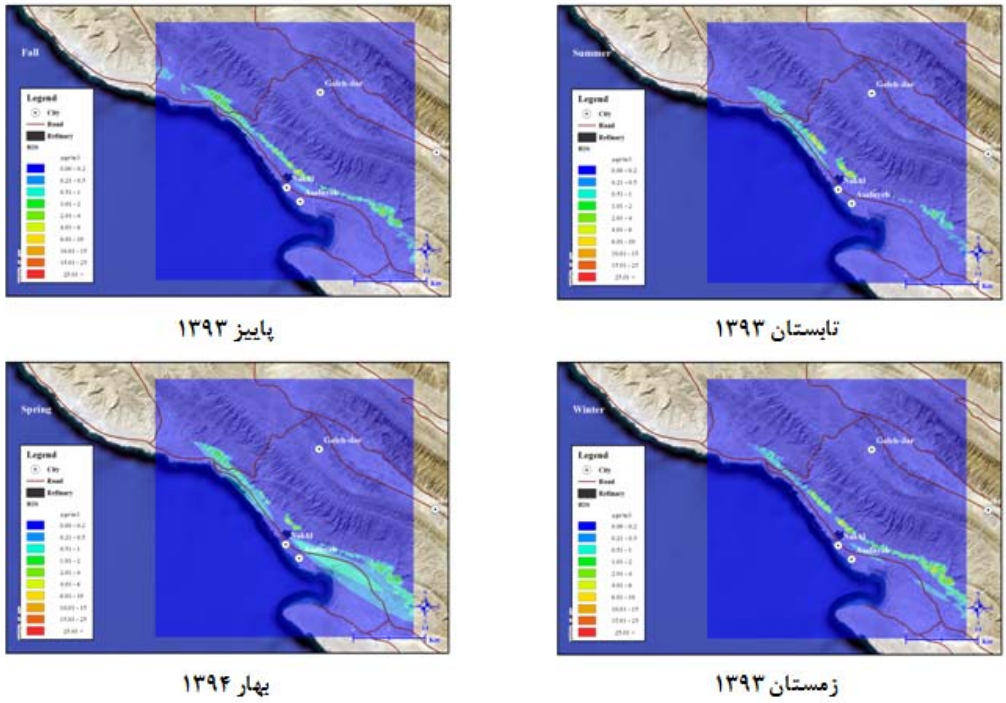
بررسی نتایج پراکندگی فصلی آلاینده $H_2S$ نشان می‌دهد که مناطق با شدت رنگ زیاد بیشتر تحت تأثیر آلودگی بوده است.

به دلیل تأثیر وزش باد غالب (شمال غربی به جنوب شرقی)، تلاطم هوا و موقعیت دودکش‌های مربوط به دو کوره در جهت باد غالب، میزان تجمع آلایندگی در محدوده پالایشگاه بسیار ناچیز است.

در پایان غلظت‌های پیش‌بینی‌شده توسط مدل با مقادیر اندازه‌گیری‌های میدانی برای حداکثر غلظت متوسط ۸ ساعته طی چهارفصل با استفاده از روش‌های آماری و با نرم‌افزار SPSS مقایسه گردید و پارامترهای (CC)، (NMB) و (NME) برای هر پذیرنده به تفکیک محاسبه شدند (جدول ۳).

**جدول ۲:** مشخصات، موقعیت و نرخ انتشار آلاینده $H_2S$

| منبع | نام منبع | ارتفاع (متر) | قطر (متر) | دما (°C) | نرخ انتشار(gr/s) | مختصات (UTM) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | E | N |
| زباله سوزهای SRU | X-A | ۱۱۷ | ۲/۱ | ۵۹۲ | ۱۸/۴۵ | ۶۵۶۸۸۴ | ۳۰۴۴۳۴۵ |
| | X-B | | | ۵۰۰ | ۱۸/۴۵ | ۶۵۶۷۸۶ | ۳۰۴۴۴۷۳ |




**شکل ۲:** نحوه پراکنش آلاینده $H_2S$ به‌صورت فصلی در محدوده ۵۰ ×۵۰ کیلومترمربعی در منطقه موردمطالعه



www.SID.ir

Archive of SID



**جدول ۳:** آنالیز آماری غلظت‌های $H_2S$ پیش‌بینی‌شده توسط مدل و مقادیر اندازه‌گیری شده

| پارامترهای آماری | تابستان ۱۳۹۳ | پاییز ۱۳۹۳ | زمستان ۱۳۹۳ | بهار ۱۳۹۴ |
|---|---|---|---|---|
| متوسط غلظت اندازه‌گیری شده (ppm) | ۱/۳۸ | ۲/۴۷ | ۰/۸۷ | ۱/۴۵ |
| متوسط غلظت پیش‌بینی‌شده(ppm) | ۰/۳۳ | ۱/۲۶ | ۰/۲۰ | ۰/۴۳ |
| ضریب همبستگی(CC) (0, 1) | ۰/۷۷ | ۰/۸۹ | ۰/۷۵ | ۰/۸۰ |
| متوسط بایاس نرمال شده (NMB) (-1, +∞) | -۰/۴۶ | -۰/۴۹ | -۰/۵۷ | -۰/۳۱ |
| متوسط خطای نرمال شده( NME) (0,+∞ ) | ۰/۴۶ | ۰/۴۹ | ۰/۵۷ | ۰/۳۱ |

## بحث

بر اساس نتایج حاصل از آنالیز آماری و ضرایب همبستگی، مقادیر غلظت‌های شبیه‌سازی‌شده توسط مدل با غلظت‌های اندازه‌گیری شده میدانی برای چهارفصل همخوانی دارند. روند تغییرات غلظت‌های $H_2S$ حاصل از اندازه‌گیری‌های میدانی و غلظت‌های پیش‌بینی‌شده توسط مدل برای ۵ پذیرنده در شکل(۳) نشان داده‌شده است. متوسط غلظت پایش شده در ۵ پذیرنده در فصل تابستان ۱۳۹۳ حدود ۰/۲ الی ۲/۴ ، در فصل پاییز ۱۳۹۳ حدود صفر الی ۳/۷، در فصل زمستان ۱۳۹۳ حدود ۰/۳۷ الی ۱/۳۱ و در فصل بهار ۱۳۹۴ حدود ۰/۴ الی ۲/۶، ppm بوده است که حداکثر و حداقل میزان غلظت‌ها در فصل پاییز بوده است. همچنین بیشترین غلظت‌های $H_2S$ حاصل از مدل‌سازی در فصل تابستان ۱۳۹۳ حدود ۰/۰۹ الی ۰/۹، در فصل پاییز ۱۳۹۳حدود ۰/۰۰۳ الی ۲/۱۹ ، در فصل زمستان ۱۳۹۳ حدود ۰/۰۵ الی ۰/۴۲ و در فصل بهار ۱۳۹۴ حدود ۰/۱۱ الی ۰/۹۳، ppm بوده است که حداکثر و حداقل میزان غلظت در فصل پاییز بوده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود روند تغییرات غلظت‌های پیش‌بینی‌شده توسط مدل AERMOD در مقایسه با داده‌های اندازه‌گیری شده میدانی رضایت‌بخش بوده است. اختلاف میان مقادیر شبیه‌سازی‌شده توسط مدل و نتایج اندازه‌گیری‌های میدانی ناشی از هم‌جواری پالایشگاه موردمطالعه با سایر پالایشگاه‌ها و سایر منابع آلاینده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود بالاترین غلظت‌ها مربوط به ایستگاه‌های D و E بوده که در مرز همسایگی با سایر پالایشگاه‌ها قرار دارند و کمترین غلظت‌ها مربوط به ایستگاه B بوده که در جهت باد غالب منطقه می‌باشد. همچنین برای ایستگاه‌های A و C که در نزدیکی منبع آلاینده قرار دارند غلظت‌ها عموماً از ایستگاه‌های مرزی کمتر و از ایستگاه B بیشتر می‌باشد. مقایسه غلظت‌های پیش‌بینی‌شده ۸ ساعته آلاینده $H_2S$ با استانداردهای OSHA و NIOSH (حد مجاز ۱۰ ppm) نشان می‌دهد که غلظت‌ها در ایستگاه‌های محیطی پایین‌تر از حد استاندارد مربوطه می‌باشد، لیکن بیشینه غلظت‌ها که توسط AERMOD پیش‌بینی‌شده است بالاتر از حد استانداردهای موردنظر است و این نقاط در خارج از محدوده پالایشگاه می‌باشند. غلظت‌های بیشینه یک‌ساعته ۱۰۲۴/۷ ppm و ۸ ساعته ۱۷۰/۷۹ ppm بوده که در موقعیت (۲۳۵۰ , ۱۰۵۰) و در زمستان ۹۳ رخ‌داده است.

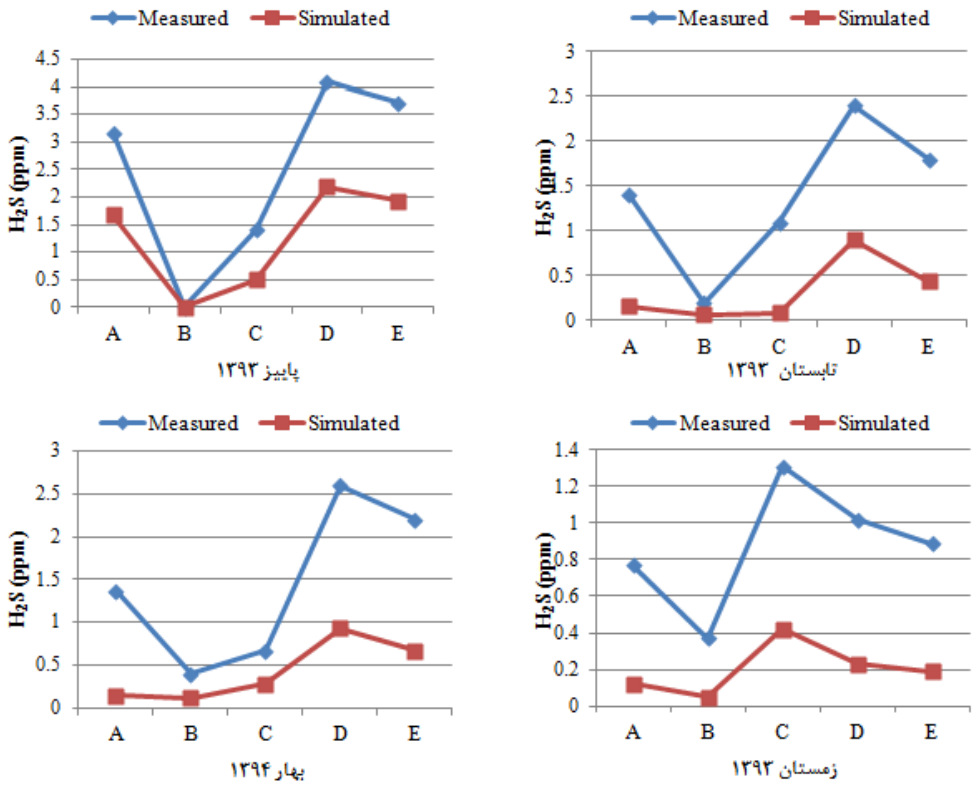
همچنین مقایسه متوسط غلظت‌های فصلی اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های محیطی در فصل بهار و تابستان در پالایشگاه موردمطالعه با غلظت‌های پایش شده در پالایشگاه گاز شهید هاشمی نژاد (خانگیران) (۰/۳۷۵ ppm) [5] و واحد بهره‌برداری و همچنین واحد نمک‌زدایی شرکت نفت و گاز مسجدسلیمان (۰/۵۲ppm).[6,7] نشان داد غلظت‌ها در پالایشگاه موردمطالعه بالاتر است که این امر به دلیل قرار گرفتن این پالایشگاه در یک محیط متراکم صنعتی و هم‌جواری آن با سایر پالایشگاه‌ها و صنایع پتروشیمی می‌باشد.



www.SID.ir

Archive of SID






**شکل ۳:** مقایسه غلظت‌های شبیه‌سازی‌شده با غلظت‌های اندازه‌گیری شده میدانی در ۵ ایستگاه محیطی(پذیرنده)

## نتیجه‌گیری

در این تحقیق میزان انتشار آلاینده $H_2S$ خروجی از دو دودکش مربوط به کوره‌های زباله‌سوز واحد بازیافت گوگرد یک پالایشگاه گازی واقع در منطقه پارس جنوبی و همچنین میزان غلظت‌ها در ۵ ایستگاه پایش محیطی در طول چهارفصل از تابستان ۹۳ تا پایان بهار ۹۴ اندازه‌گیری شد. سپس میزان غلظت و نحوه انتشار این آلاینده در محیط و مناطق اطراف پالایشگاه برای متوسط‌های زمانی ۱ و ۸ ساعته به‌صورت فصلی در محدوده ۵۰ ×۵۰ کیلومترمربعی با استفاده از مدلAERMOD شبیه سازی شد و ترازهای هم غلظت و همچنین مناطق حساس با غلظت‌های ناسالم در محیط GIS بر روی نقشه Google نمایش داده شد. در ادامه جهت صحت سنجی عملکرد مدل و با استفاده از روش‌های آماری نتایج غلظت‌های پیش‌بینی‌شده با مقادیر اندازه‌گیری‌های میدانی در ۵ ایستگاه انجام شد که نتایج حاکی از آن بود که مدل روند تغییرات مشابهی را برای پذیرنده‌ها پیش‌بینی نموده است ولی به‌طورکلی غلظت‌های پیش‌بینی‌شده توسط مدل کمتر از مقادیر غلظت‌های اندازه‌گیری شده بود. با توجه به اینکه در این تحقیق تنها منابع انتشار در سطح پالایشگاه موردمطالعه لحاظ شده است و سایر منابع انتشار ناشی از شرکت‌های پتروشیمی و پالایشگاه‌های مجاور در مدل لحاظ نشده‌اند، بنابراین تفاوت۶۴ درصدی بین مقادیر شبیه‌سازی‌شده و اندازه‌گیری شده وجود دارد. همچنین در این مدل‌سازی، تغییرات انتشار آلودگی بازمان ثابت در نظر گرفته‌شده است درحالی‌که در مورد مشعل‌ها و زباله سوزها میزان انتشار آلاینده‌ها بازمان ثابت نیست. با توجه به تراکم واحدهای صنعتی در منطقه ویژه



www.SID.ir

Archive of SID



اقتصادی پارس جنوبی و موقعیت جغرافیایی منطقه باوجود رشته‌کوه‌های مرتفع شمالی که انتشار آلاینده‌ها را دشوار می‌سازد، لذا حداکثر میزان بازیابی گوگرد به‌عنوان هدف اصلی و نهایی در پالایشگاه‌های بدون واحدهای بازیابی انتهائی باید مدنظر قرار گیرد.

## References


1. NIGC. IGS-M-CH-033(1). Specification for Iranian natural gas quality. www.nigc.ir. Accessed 2017 May.
2. Guidotti TL. Occupational exposure to hydrogen sulfide in the sour gas industry: some unresolved issues. International archives of occupational and environmental health. 1994 Sep 1;66(3):153-60.
3. Rameshni M. Regulation Effects on Sulfur Removal Facilities. AICHE'S 5th International Conference 2002, March.
4. Lurgi. Lurgi Sulfur management. 2011. www.jj-lurgi.com. Accessed 2016, March.
5. Mirdarikvand M, Naphani N, Imanimoghaddam S et al. Study of the amounts of $H_2S$ emission in Khangiran Shahid Hasheminejad Refinery. The 1st conference on industrial and processing air filtration. 2011 Oct. [in Persian].
6. Bagheri M, Jafarzadeh N, Ahmadimoghaddam M. Study and comparison of the concentration of hydrogen sulfide gas ($H_2S$) with international standards in operation plant in Masjed Soleiman Oil and Gas Company. In 1st National Conference on Environmental Protection and Planning. 2012 Nov. [in Persian].
7. Bagheri M, Jafarzadeh N, Ahmadimoghaddam M. Study and comparison of the concentration of hydrogen sulfide gas ($H_2S$) with international standards in Desalination plant in Masjed Soleiman Oil and Gas Company. In 1st National Conference on Environmental Protection and Planning. 2012 Nov. [in Persian].
8. Burger LW. Hexavalent chromium air dispersion modeling in the South African ferrochromium industry. In10th International Ferroalloys Congress 2004 Feb.
9. Jafarigol F, Atabi F, Moattar F, Nouri J. Predicting ambient concentrations of $NO_2$ in a gas refinery located in South Pars Gas Complex. Int J Environ Sci Technol. 2016 Mar 1;13(3):897-906.
10. Ma J, Yi H, Tang X et al. Application of AERMOD on near future air quality simulation under the latest national emission control policy of China: A case study on an industrial city. J Environ Sci. 2013 Aug 1;25(8):1608-17.
11. Abril GA, Diez SC, Pignata ML, Britch J. Particulate matter concentrations originating from industrial and urban sources: Validation of atmospheric dispersion modeling results. Atmos Pollut Res. 2016 Jan 31;7(1):180-9.
12. Singh D, Johnson GT, Harbison RD. Human health risk characterization of petroleum coke calcining facility emissions. Regul Toxicol Pharmacol. 2015 Dec 31;73(3):706-11.
13. SPGC. South Pars Gas Complex Company. http://www.spgc.ir. Accessed 2014 June.
14. US EPA. AERMOD Implementation Guide. U. S. Environmental Protection Agency Office of Air Quality Planning and Standards Air Quality Assessment Division Research Triangle Park, North Carolina. 2009, Last Revised: August 3, 2015.
15. IRIMO. Iran Meteorological Organization. 2015. Available from: http://www.weather.ir/. Accessed 2015 Apr.
16. USEPA. User's guide for the AERMOD meteorological (AERMET). Office of Air Quality Planning and standards Emissions, Monitoring and Analysis Division Research Triangle Park, North Carolina 27711, 2004.
17. INCC. Iran National Cartographic Center.http://www.ncc.org.ir, Accessed 2014 June.
18. USEPA. User's guide for the AERMOD terrain preprocessor (AERMAP). Office of Air Quality Planning and Standards Emissions, Monitoring, and Analysis Division Research Triangle Park, North Carolina 27711, 2004.




www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Environmental Health Engineering, August 2017; Vol. 4, No. 4: 279-288

# Simulation of Concentrations and Dispersion of Hydrogen Sulfide ($H_2S$) Due to Incinerators of Sulfur Recovery Units in a Gas Refinery in Asaluyeh

**Azam Minabi[1], Farideh Atabi[1*], Faramarz Moattar[1], Mmohammad Javad Jafari[2]**

*1. Department of Environmental Engineering, Graduate School of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran*
*2. Department of Occupational Health, School of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Science, Tehran, Iran*

**** E-mail: far-atabi@jamejam.net***

***Received:7Feb. 2017 ; Accepted: 23 May 2017***

**ABSTRACT**

**Background and Goal:** Refineries are the main source of various pollutants, including Hydrogen Sulfide ($H_2S$). Therefore distribution and control processing to meet the environmental standard limits is an important issue in industrial units.The present study was carried out to investigate $H_2S$ concentrations and dispersion patterns originating from incinerators of sulfur recovery units in a gas refinery located in Asaluyeh.

**Materials and Methods:** In this study, $H_2S$ concentrations exhausted from two incinerators' stacks and also ambient $H_2S$ concentrations at five monitoring stations in and around the refinery were measured in four seasons from summer 2014 to spring 2015. Moreover, the ambient concentrations and dispersion of $H_2S$ were simulated at average times of 1-hr and 8-hr on 50×50 $km^2$ scale using AERMOD model and the simulated results were compared with the measured ones. Meanwhile, the concentration contour plots and the sensitive regions were determined using GIS.

**Results:** The simulation results indicated that maximum ambient $H_2S$ concentrations were in 1-h average. Assessment of model performance was performed by comparison of $H_2S$ simulated and measured concentrations using statistical analysis and showed that the correlation coefficients in summer 2014, autumn 2014, winter 2014 and spring 2015 were 0.77, 0.89, 0.75 and 0.8, respectively.

**Conclusion:** The results of this study showed that the variations of measured concentrations were consistent with those of simulated ones. Meanwhile, the contribution of neighbor industries was determined. Comparision of 8-h $H_2S$ concentrations with OSHA and NIOSH standard limits indicated that there was no significant health risk in this refinery.

**Keywords:** Gas Refinery, Dispersion Patterns, Hydrogen Sulfide, Sulfur Recovery Unit, AERMOD Model



www.SID.ir