

شبیه‌سازی انتشار گاز دی اکسید گوگرد از دودکش نیروگاه حرارتی شهید رجایی قزوین در فصل زمستان

محسن سعیدی

گروه آب و محیط زیست دانشکده عمران دانشگاه علم و صنعت ایران

چکیده

با توجه به مصرف سوخت نفت کوره در طول زمستان در اکثر نیروگاه‌های حرارتی کشور و اهمیت بررسی اثرات این فرایند بر آلودگی هوا در مناطق اطراف، انتشار دی اکسید گوگرد از طریق دودکش نیروگاه شهید رجایی که در ۲۵ کیلومتری قزوین واقع است مورد شبیه‌سازی با مدل SCREEN3 قرار گرفت. نتایج نشان داد انتشار دود در غالب موارد به سمت جنوب شرقی بوده و حداکثر غلظت‌های دی اکسید گوگرد در طول روز در فواصل ۵ تا ۱۲ کیلومتری پایین دست دودکش نیروگاه و در سایر موارد در فواصل دورتر از ۳۰ کیلومتر به وقوع خواهد پیوست. همچنین مشخص شد که در هیچ حالت جوی در روز یا شب میانگین غلظت ۳ و ۲۴ ساعته آلودگی دی اکسید گوگرد ناشی از انتشار از دودکش نیروگاه در محیط اطراف از استاندارد تجاوز نخواهد کرد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی هوا، دی اکسید گوگرد، نیروگاه، مدل‌سازی

مقدمه

نیروگاه حرارتی شهید رجایی دارای چهار واحد ۲۵۰ مگاواتی تولید برق با استفاده از توربین‌های بخار و احتراق سوخت‌های فسیلی می‌باشد. موقعیت نیروگاه در کیلومتر ۲۵ بزرگراه قزوین-تهران و در جنوب بزرگراه می‌باشد. مناطق جنوب، جنوب شرقی و جنوب غربی و غرب نیروگاه پوشیده از زمین‌های کشاورزی و در فاصله بین نیروگاه و شهر قزوین در امتداد بزرگراه در جهت شمال غربی نیروگاه، مناطق مسکونی پراکنده از جمله شهر محمدیه قرار گرفته است. نیروگاه دارای قابلیت احتراق دو سوخت اصلی گاز و نفت کوره به عنوان منبع تولید انرژی الکتریکی بوده و در صورت تأمین گاز از جانب شرکت ملی گاز ایران، معمولاً از گاز به عنوان سوخت استفاده می‌شود. در فصول سرد سال که معمولاً مصرف گاز در شبکه سراسری افزایش یافته و شبکه دچار افت فشار می‌گردد تأمین گاز نیروگاه متوقف شده و از سوخت نفت کوره به عنوان جایگزین استفاده می‌شود. نفت کوره دارای درصد بالایی از گوگرد بوده که در اثر احتراق در کوره عمدتاً تبدیل به دی اکسید گوگرد خواهد شد. دی اکسید گوگرد از جمله گازهای آلاینده هوا است که دارای اثرات مختلفی بر انسان و محیط زیست می‌باشد. از مهمترین اثرات نامطلوب این گاز بر انسان و محیط زیست می‌توان به ایجاد حساسیت و خارش در چشم‌ها و سیستم تنفسی، صدمه به ریه‌ها، اسیدی شدن آب‌ها و خاک منطقه، مشارکت در ایجاد باران اسیدی و ایجاد و تشدید بروز خوردگی اتمسفری ابنيه و سازه‌ها اشاره کرد [۱]. استاندارد ملی غلظت این گاز در هوای آزاد از طرف سازمان حفاظت محیط زیست کشور میانگین سالیانه $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ، میانگین بیست و چهار ساعته $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ و میانگین ۳ ساعته $360 \mu\text{g}/\text{m}^3$ اعلام شده است [۲]. با در نظر داشتن شرایط مطرح شده و حساسیت مناطق مسکونی و کشاورزی اطراف نیروگاه، مطالعات برآورد اثرات آلودگی هوا در مناطق اطراف دارای اهمیت خواهد بود. با توجه به مخاطرات بهداشتی و زیست محیطی گاز دی اکسید گوگرد و انتشار آن از طریق احتراق نفت در کوره‌های نیروگاه در فصل زمستان، شبیه‌سازی پراکندگی و پخش این گاز از دودکش نیروگاه به محیط اطراف و ایجاد غلظت‌های دی اکسید گوگرد ناشی از آن به منظور مقایسه با استانداردهای کشور و تعیین اثر احتمالی بر آلودگی هوای محیط اطراف در این تحقیق انجام شده است. مطالعات مختلفی برای شبیه‌سازی اثرات آلودگی هوا ناشی از نیروگاه‌ها و سایر منابع ثابت در سطح بین‌المللی به انجام رسیده است [۳ و ۴]. در داخل کشور نیز تحقیقات و مطالعاتی در زمینه اثرات آلودگی هوا ناشی از نیروگاه‌ها و شبیه‌سازی پخش دود آنها به انجام رسیده است [۵، ۶ و ۷]. هدف اساسی این مطالعات تعیین اثرات نیروگاه بر آلودگی هوای منطقه و برآورد حد اکثر غلظت‌های محتمل آلودگی در محیط اطراف و تعیین فاصله وقوع غلظت‌های بالاتر از استاندارد تا نیروگاه می‌باشد.

منطقه مورد مطالعه و روش کار

همانگونه که اشاره شد نیروگاه حرارتی شهید رجایی در کیلومتر ۲۵ بزرگراه قزوین-تهران و در جنوب بزرگراه می‌باشد. مناطق جنوب، جنوب شرقی و جنوب غربی و غرب و شمال غرب نیروگاه پوشیده از زمین‌های کشاورزی و در فاصله بین نیروگاه و شهر قزوین در امتداد بزرگراه در جهت شمال غربی نیروگاه، مناطق مسکونی پراکنده از جمله شهر محمدیه قرار گرفته است.

در فصل زمستان که سوخت نفت کوره در نیروگاه محترق می‌شود میزان مصرف سوخت برابر با ۶۵ تن در هر ساعت برای هر واحد و معادل ۲۶۰ تن در ساعت برای مجموع چهار واحد نیروگاه خواهد بود. این سوخت حاوی حدود ۳٪ وزنی گوگرد می‌باشد [۸]. بر این اساس و با فرض معقول احتراق کامل سوخت در کوره با توجه به معادله استوکیومتری احتراق گوگرد (معادله ۱) مقدار کل دی اکسید گوگرد منتشره از چهار دودکش نیروگاه در شرایط بهره‌برداری با بار کامل برابر با ۱۵/۶ تن در ساعت و معادل ۴۳۳۳/۳ گرم در ثانیه محاسبه می‌گردد.



هر یک از واحد های نیروگاه دارای یک دودکش مستقل و در مجموع دود نیروگاه از طریق چهار دودکش که در یک سازه و مماس با یکدیگر واقع شده‌اند به محیط تخلیه می‌شود. ارتفاع دودکش‌ها در حدود ۲۲۰ متر و قطر دهانه خروجی هر یک تقریباً ۴/۲ متر می‌باشد. با توجه به اینکه دودکش‌ها به یکدیگر چسبیده‌اند خیزش دود خروجی ناشی از سرعت و حرارت دود به صورت یک جبهه در آمده و چهار دودکش قابل معادل سازی با یک دودکش بر اساس سطح مقطع مساوی (۵۵/۵ متر مربع) و قطر ۸/۴ متر خواهند بود. درجه حرارت و سرعت دود خروجی بر اساس اطلاعات اخذ شده از نیروگاه به ترتیب معادل ۱۵۰-۱۷۰°C و ۱۱-۱۲ m/s می‌باشند.

شرایط اقلیمی و هواشناسی مورد نیاز منطقه برای شبیه‌سازی انتشار دود (میانگین دما، سرعت و جهت بادهای غالب و روزهای ابری و آفتابی) در فصل زمستان بر اساس میانگین ده ساله سازمان هواشناسی کشور بررسی و تهیه گردید [۹].

برای شبیه‌سازی انتشار گاز دی اکسید گوگرد از مدل شبیه‌سازی SCREEN 3 که در سال ۱۹۹۵ به وسیله آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا منتشر شده است استفاده گردید. این مدل توانایی برآورد غلظت آلاینده‌ها، حداکثر غلظت و فاصله نقطه وقوع حداکثر غلظت از منبع انتشار آلودگی در پایین دست جهت باد را برای منابع نقطه‌ای، سطحی، حجمی و مشعلها را دارا می‌باشد [۱۰]. محاسبات مدل بر اساس مدل انتشار گوسی^۱ از منابع پیوسته و شرایط یکنواخت قرار گرفته است. با توجه به اطلاعات اقلیمی منطقه و با مراجعه به جداول استاندارد کلاس‌های پایداری جوی [۱۱]، در سرعت‌های باد غالب فصل زمستان در منطقه، کلاس‌های پایداری جوی ممکن بدست آمد (جدول ۲) و شبیه‌سازی برای این بادهای کلاس‌های پایداری انجام گرفت. داده‌های ورودی مدل بر اساس راهنمای استفاده مدل برای منابع انتشار نقطه‌ای به ترتیب زیر بوده است:

- نرخ انتشار آلودگی: ۴۳۳۳/۳ گرم در ثانیه (g/s)
- ارتفاع دودکش: ۲۲۰ متر (m)
- قطر دهانه خروجی دودکش: ۸/۴ متر (m)
- سرعت دود خروجی: ۱۱ متر بر ثانیه (m/s)
- دمای دود خروجی: ۴۳۳°K

1 . Gaussian Plume Model

- میانگین دمای هوای محیط: 27°K
 - منطقه غیر شهری
 - عدم وجود ارتفاعات بلند تر از ارتفاع دودکش
 - کلاس‌های پایداری جوی: ۲، ۳، ۴ و ۵ (ناپایدار، کمی ناپایدار، خنثی، پایدار)
 - سرعت باد: ۲، ۴ و ۶ متر بر ثانیه (m/s)
- نتایج خروجی مدل، میانگینهای یک ساعته غلظت آلاینده در فواصل انتخابی مختلف در پایین دست جهت باد از منبع مورد مطالعه می‌باشد.

نتایج و بحث

همانگونه که قبلاً اشاره شد تجزیه و تحلیل ده ساله اقلیمی (۲۰۰۰ - ۱۹۹۰) با استفاده از داده‌های ایستگاه سینوپتیک قزوین انجام گرفت که خلاصه اطلاعات بدست آمده برای استفاده در این تحقیق در جدول ۱ ارائه شده است. همچنین سرعت‌های باد غالب و کلاس‌های پایداری جوی قابل وقوع در منطقه مورد مطالعه بر اساس روش مقابله سرعت‌های باد با میزان شدت انرژی خورشید [۱۱] در منطقه بدست آمد که در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- نتایج بررسی اطلاعات اقلیمی ده ساله ایستگاه سینوپتیک قزوین در فصل زمستان
مورد استفاده در مدل

۲۷	میانگین دما ($^{\circ}\text{K}$)	۲۷۵
	سرعت‌های محتمل باد غالب (m/s)	۲، ۴، ۶
	جهات باد غالب ($^{\circ}$)	۱۳۵ (از شمال غرب)
	پوشش آسمان	ابری، نیمه ابری، آفتابی

جدول ۲- کلاس‌های پایداری محتمل در منطقه در فصل زمستان

سرعت باد غالب (m/s)	کلاس پایداری ممکن
۲	ناپایدار، کمی ناپایدار، خنثی، پایدار
۴	کمی ناپایدار، خنثی، پایدار
۶	خنثی

همانگونه که از نتایج جداول ۱ و ۲ پیداست هنگامی که سرعت باد غالب ۲ متر بر ثانیه باشد کلاس پایداری جوی بسته به پوشش ابر در آسمان و سایر شرایط جوی از ناپایدار تا پایدار متغیر است. هر چه سرعت باد افزایش یابد در فصل زمستان که شدت تشعشع خورشید ضعیف است شرایط جوی به سمت خنثی پیش خواهد رفت. در فصل زمستان در منطقه در سرعت‌های باد حدود ۲ متر بر ثانیه هر چه پوشش ابر در آسمان بیشتر گردد شرایط پایداری خواهد گردید. در صورتی که پوشش ابر از ۵۰٪ آسمان بیشتر باشد شرایط جوی خنثی و همچنین با افزایش سرعت باد و رسیدن به حد ۶ متر بر ثانیه

شرایط خنثی خواهد بود. بنا براین در منطقه شرایط ناپایدار به مفهوم سرعت‌های باد ۲ تا ۵ متر بر ثانیه و آسمان صاف یا نسبتاً صاف می‌باشد. شرایط پایدار معمولاً در شب‌ها و در حالت آسمان کمی تا نیمه ابری در سرعت‌های باد ۲ تا ۵ متر بر ثانیه و شرایط خنثی مربوط به روزها و شبهای ابری و یا سرعت‌های باد ۶ متر بر ثانیه و بزرگتر از آن می‌گردد. غلظت‌های دی اکسید گوگرد ناشی از انتشار از دودکش نیروگاه در پایین دست جهت باد (خروجی‌های مدل) در شکل‌های ۱ تا ۸ نمایش داده شده است. حرکت مسیر دود و وقوع غلظت‌های پیش‌بینی شده در مواقع باد غالب به سمت جنوب شرقی نیروگاه خواهد بود. با توجه به نتایج بدست آمده شرایط غلظت آلودگی در پایین دست جهت باد نسبت به دودکش نیروگاه به ترتیب زیر قابل طبقه بندی می‌باشد:

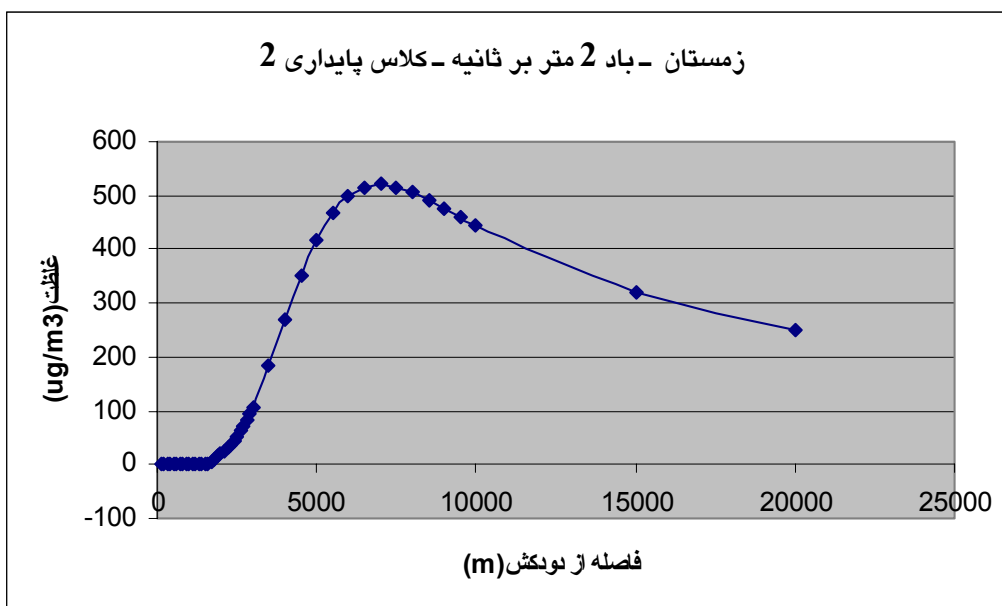
- باد غالب ۲ متر بر ثانیه، روز، آسمان نسبتاً صاف: حد اکثر غلظت آلودگی در فاصله حدود ۷ کیلومتری دودکش و تقریباً معادل 520 ug/m^3 و افزایش غلظت آلودگی در فواصل ۵ تا ۱۰ کیلومتری به وقوع خواهد پیوست (شکل ۱).
- باد غالب ۲ متر بر ثانیه، روز، آسمان کمی ابری: حد اکثر غلظت آلودگی در فاصله حدود ۱۷ کیلومتری دودکش و تقریباً معادل 320 ug/m^3 و افزایش غلظت آلودگی در فواصل ۱۲ تا ۱۸ کیلومتری به وقوع خواهد پیوست (شکل ۲).
- باد غالب ۲ متر بر ثانیه، روز یا شب، آسمان ابری: حد اکثر غلظت آلودگی در فاصله حدود ۳۳ کیلومتری دودکش و تقریباً معادل 14 ug/m^3 به وقوع خواهد پیوست (شکل ۳).
- باد غالب ۲ متر بر ثانیه، شب: حد اکثر غلظت آلودگی در فاصله حدود ۳۳ کیلومتری دودکش و تقریباً معادل 34 ug/m^3 به وقوع خواهد پیوست (شکل ۴).
- باد غالب ۴ متر بر ثانیه، روز، آسمان نسبتاً صاف: حد اکثر غلظت آلودگی در فاصله حدود ۱۷ کیلومتری دودکش و تقریباً معادل 400 ug/m^3 و افزایش غلظت آلودگی در فواصل ۷ تا ۱۲ کیلومتری به وقوع خواهد پیوست (شکل ۵).
- باد غالب ۴ متر بر ثانیه، روز یا شب آسمان نیمه ابری یا ابری: حداکثر غلظت آلودگی در فاصله حدود ۳۳ کیلومتری دودکش و تقریباً معادل 57 ug/m^3 به وقوع خواهد پیوست (شکل ۶).
- باد غالب ۴ متر بر ثانیه، شب، آسمان صاف یا کمی ابری: حد اکثر غلظت آلودگی در فاصله حدود ۳۳ کیلومتری دودکش و تقریباً معادل 30 ug/m^3 به وقوع خواهد پیوست (شکل ۷).
- باد غالب ۶ متر بر ثانیه یا بیشتر، در تمام حالات روز و شب: حد اکثر غلظت آلودگی در فاصله حدود ۳۳ کیلومتری دودکش و تقریباً معادل 86 ug/m^3 به وقوع خواهد پیوست (شکل ۸).

باید توجه داشت که نتایج بدست آمده از مدل، غلظت‌های یک ساعته بوده و با توجه به تغییرات حتی اندک جهت یا سرعت باد در طول ۲۴ ساعت، حد اکثر غلظت آلودگی و موقعیت آن تغییر خواهد کرد که این منجر به کوچکتر شدن میانگین غلظت ۲۴ ساعته در هر فاصله از دودکش در پایین دست جهت باد خواهد گردید. بر این اساس با توجه به اینکه تنها در دو حالت جوی در طول روز احتمال تجاوز غلظت‌های یک ساعته از مقدار 360 میکروگرم در متر مکعب وجود دارد به نظر نمی‌رسد در هیچ حالت

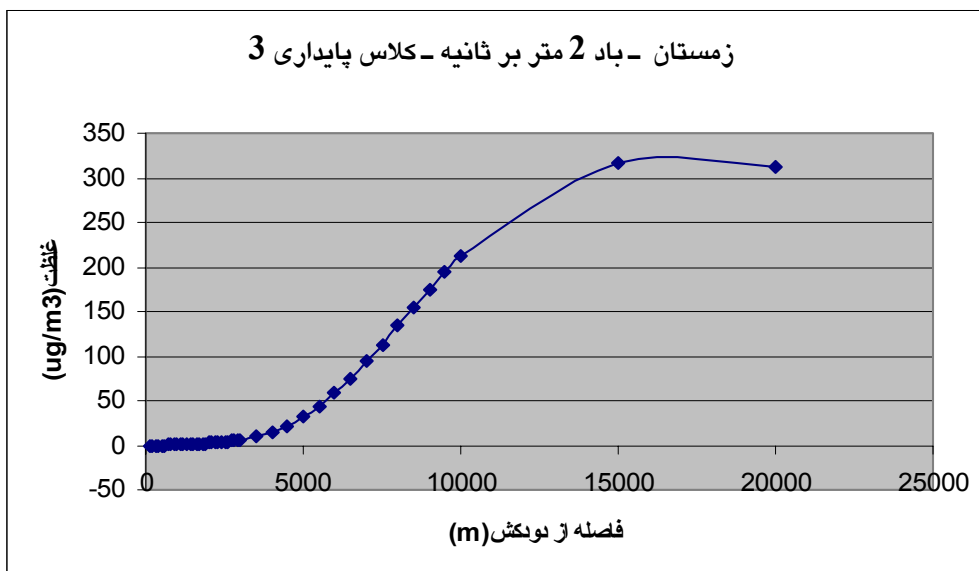
جوی در روز یا شب میانگین غلظت آلودگی دی اکسید گوگرد ناشی از انتشار از دودکش نیروگاه از استاندارد ۲۴ ساعته یا یکساله تجاوز نماید.

جمع بندی

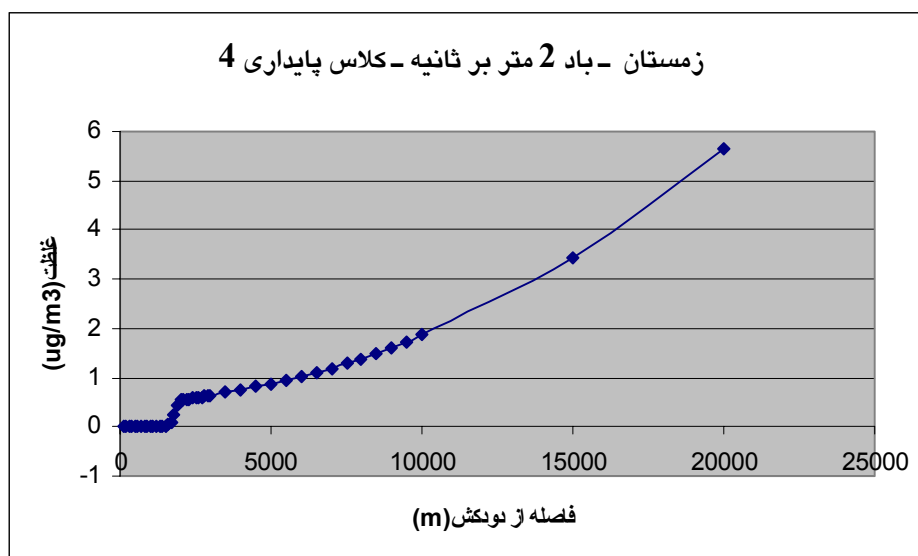
با توجه به مصرف سوخت نفت کوره در طول زمستان در اکثر نیروگاه‌های حرارتی کشور و اهمیت بررسی اثرات این فرایند بر آلودگی هوا در مناطق اطراف، انتشار دی اکسید گوگرد از طریق دودکش نیروگاه شهید رجایی در ۲۵ کیلومتری قزوین مورد شبیه‌سازی با مدل SCREEN3 قرار گرفت. به این منظور داده‌های مربوط به شرایط و میزان مصرف سوخت و ویژگی‌های دود خروجی دودکش و همچنین داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک قزوین به کار گرفته شد. نتایج خروجی مدل نشان داد که در هیچ حالتی از روز و شب و شرایط مختلف جوی (به جز شرایط احتمالی وارونگی هوا که در این تحقیق بررسی نشده است) میانگین غلظت‌های یک ساعته از حد اکثر 520 ug/m^3 تجاوز نمی‌کند. علیرغم اینکه استاندارد هوای آزاد برای دی اکسید گوگرد در میانگین‌های زمانی کمتر از ۲ ساعته در کشور تدوین نشده است اما بر اساس اصول تدوین استانداردها، استاندارد یک ساعته قطعاً عددی بزرگتر از استاندارد ۳ ساعته (1300 ug/m^3) خواهد بود. در هر حال بر اساس نتایج بدست آمده در هیچ حالتی از شرایط جوی و در طول شبانه روز (به جز شرایط احتمالی وارونگی هوا که در این تحقیق بررسی نشده است) در زمستان غلظت گاز دی اکسید گوگرد در مناطق پایین دست دودکش از حد استاندارد هوای آزاد تجاوز نخواهد کرد.



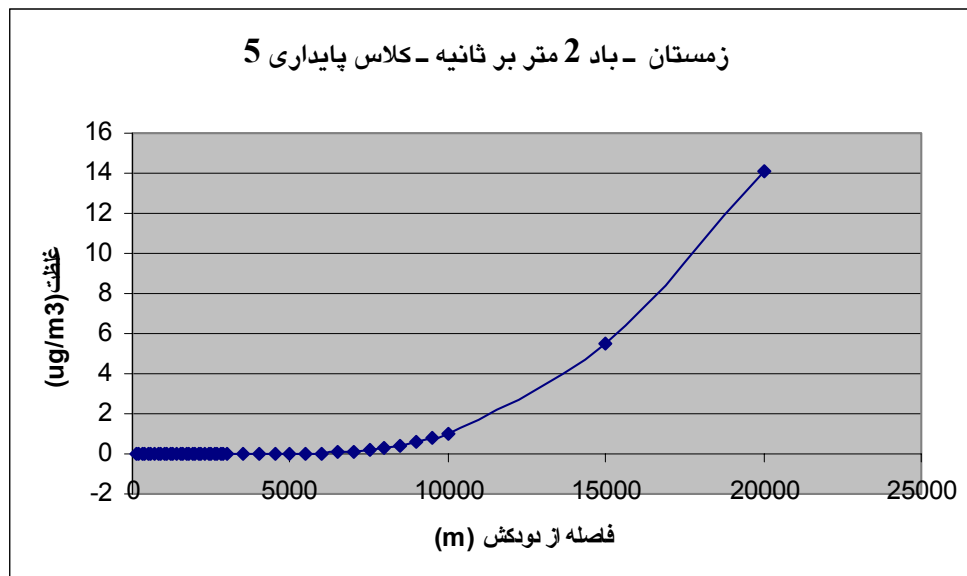
شکل ۱- غلظت دی اکسید گوگرد در پایین دست جهت باد نسبت به فاصله از دودکش نیروگاه شهید رجایی در فصل زمستان در شرایط جوی ناپایدار (سرعت باد: 2 m/s)



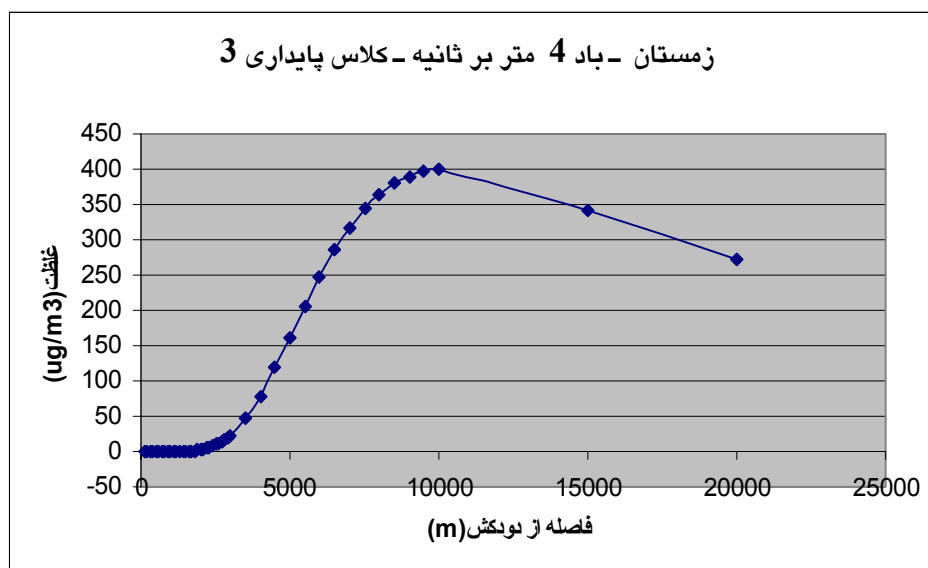
شکل ۲- غلظت دی اکسید گوگرد در پایین دست جهت باد نسبت به فاصله از دودکش نیروگاه شهید رجایی در فصل زمستان در شرایط جوی کمی ناپایدار (سرعت باد: ۲ m/s)



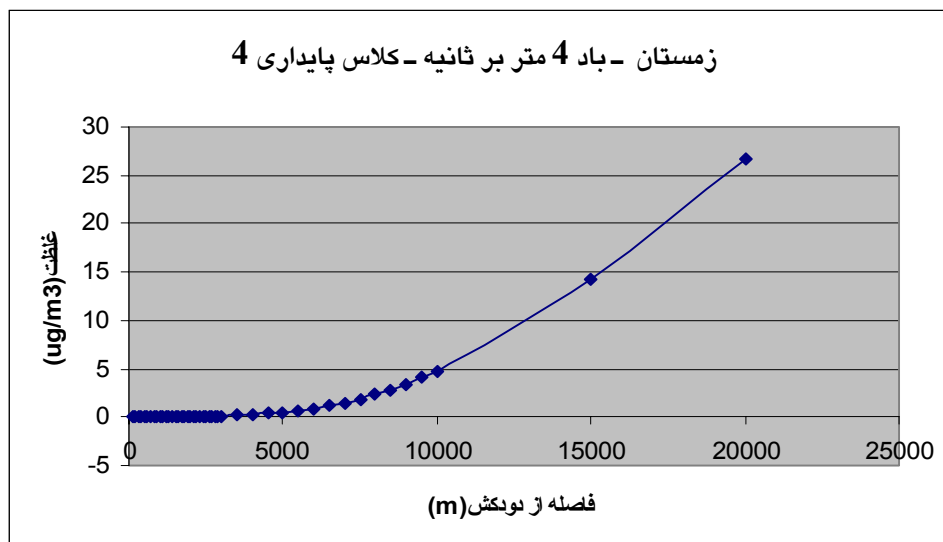
شکل ۳- غلظت دی اکسید گوگرد در پایین دست جهت باد نسبت به فاصله از دودکش نیروگاه شهید رجایی در فصل زمستان در شرایط جوی خنثی (سرعت باد: ۲ m/s)



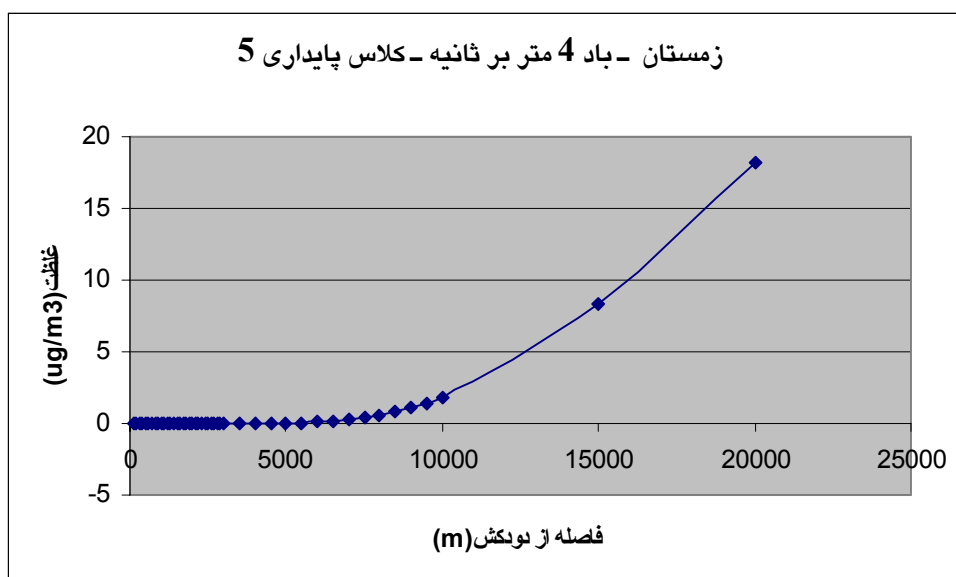
شکل ۴ - غلظت دی اکسید گوگرد در پایین دست جهت باد نسبت به فاصله از دودکش نیروگاه شهید رجایی در فصل زمستان در شرایط جوی پایدار (سرعت باد: ۲ m/s)



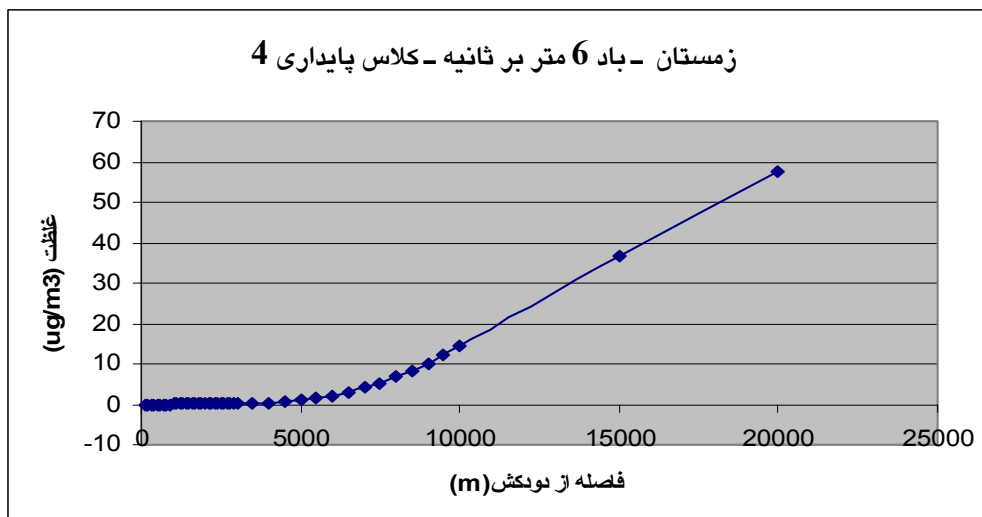
شکل ۵ - غلظت دی اکسید گوگرد در پایین دست جهت باد نسبت به فاصله از دودکش نیروگاه شهید رجایی در فصل زمستان در شرایط جوی کمی ناپایدار (سرعت باد: ۴ m/s)



شکل ۶- غلظت دی اکسید گوگرد در پایین دست جهت باد نسبت به فاصله از دودکش نیروگاه شهید رجایی در فصل زمستان در شرایط جوی خنثی (سرعت باد: ۴ m/s)



شکل ۷- غلظت دی اکسید گوگرد در پایین دست جهت باد نسبت به فاصله از دودکش نیروگاه شهید رجایی در فصل زمستان در شرایط جوی پایدار (سرعت باد: ۴ m/s)



شکل ۸- غلظت دی اکسید گوگرد در پایین دست جهت باد نسبت به فاصله از دودکش نیروگاه شهید رجایی در فصل زمستان در شرایط جوی خنثی (سرعت باد: ۶ m/s)

منابع

- ۴۴- 1- Davis, M. L., and Cornwell, D. A., "Introduction to Environmental Engineering", McGraw-Hill, 1991.
- ۲- سازمان حفاظت محیط زیست، معاونت محیط زیست انسانی، ضوابط و استانداردهای زیست محیطی، ۱۳۷۸.
- 3- Martin, M. J., Singh, D. E., Mourino, J. C., Rivera, F. F., Doallo, R., and Bruguera, J. D., "High Performance Air Pollution Modeling for a Power Plant Environment", Parallel Computing, Vol. 29, pp. 1763-1790, Elsevier, 2003.
- 4- Ohba, R., Kouchi, A., Hara, T., Vieillard, V., and Nedelka, D., "Validation of heavy and Light Gas Dispersion Models for Safety Analysis of LNG Tank", Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Vol. 17, pp. 325-337, Elsevier, 2004.
- ۵- معاونت انرژی وزارت نیرو، طرح ارزیابی اثرات زیست محیطی نیروگاه‌های حرارتی اصفهان و تبریز، ۱۳۷۸.
- ۶- سعیدی، م.، پراکنش گاز دی اکسید گوگرد ناشی از نیروگاه شهید منتظری اصفهان، دفتر فنی تولید؛ شرکت توانیر، ۱۳۷۴.
- ۷- سعیدی، م.، ارتفاع بهینه دودکش نیروگاهها از دیدگاه زیست محیطی: نیروگاه اسلام آباد اصفهان، دفتر فنی تولید؛ شرکت توانیر، ۱۳۷۵.
- ۸- شرکت توانیر، آنالیز سوخت نیروگاههای کشور، ۱۳۷۳.
- ۹- سازمان هواشناسی کشور، سالنامه های هواشناسی (۱۹۹۰-۲۰۰۰).
- 10- U.S.EPA, SCREEN3 Model User's Guide, EPA-454/B-950004, 1995.
- 11- Turner, D.B., "Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates: An Introduction to Dispersion Modeling", 1994.