



دانشگاه شهید چمران اهواز
مرکز پژوهشی شبکه‌های گازرسانی

گزارش ماهیانه فعالیت‌های انجام‌شده در خردادماه ۱۳۹۳

GNRC-KHGC-MR 1393-02

۳ تیرماه ۱۳۹۳

گزارش فعالیت‌های خردادماه ۱۳۹۳	عنوان
GNRC-KHGC-MR 1393- 02	کد گزارش
۱۳۹۳/۴/۳	تاریخ
<p>دکتر مرتضی بهبهانی‌نژاد، عضو هیئت علمی گروه مهندسی مکانیک دانشگاه شهید چمران</p> <p>دکتر مازیار چنگیزیان، عضو هیئت علمی گروه مهندسی مکانیک دانشگاه شهید چمران</p> <p>مهندس محمدرضا کاویان‌نژاد، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه شهید چمران</p> <p>مهندس مهدی طهماسبی، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه شهید چمران</p> <p>مهندس احسان ساکی‌پور، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه شهید چمران اهواز</p> <p>مهندس احمدرضا فرشاد، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه شهید بهشتی تهران</p> <p>خانم فروزنده عمید، کارشناس شیمی کاربردی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج</p>	تدوین کنندگان
<p>در راستای تکمیل و افزایش قابلیت‌های محاسباتی نرم‌افزار محاسبه هدررفت گاز از شبکه‌های گازرسانی، در این ماه مطالعه تئوریک پدیده (نظیر استخراج معادلات حاکم، شرایط مرزی، مشخص نمودن مسیر حل مساله و ...) جهت شبیه‌سازی عددی هدررفت گاز از خط لوله‌ای طویل و با در نظر گرفتن اثرات انتقال حرارت انجام شده که شرح این فعالیت‌ها به تفصیل در فصل دوم ارائه شده‌است. در فصل سوم گزارش، با رویکرد نحوه استقرار مدیریت مصرف انرژی مقدمه‌ای از ساختار استاندارد ایزو ۵۰۰۰۱ و چند نمونه کاربرد آن ذکر شده‌است. فصل چهارم نیز در برگیرنده شرح طراحی سایه‌بان برای هشت ترانس حفاظت کاتدیک منطقه شرق اهواز می‌باشد. در فصل پنجم فعالیت‌های ماه آتی تشریح شده‌است.</p>	چکیده

فهرست مطالب:

۱	..... مقدمه
۳	..... شبیه‌سازی عددی هدرفت گاز از خط لوله با در نظر گرفتن اثرات انتقال حرارت
۴	..... ۲.۱ فرضیات صورت گرفته و معادلات حاکم بر جریان
۶	..... ۲.۱.۱ محاسبه ضریب کل انتقال حرارت
۱۰	..... ۲.۲ شرایط مرزی و مسیر حل مساله
۱۳	..... ۳.۲ مراجع
۱۴	..... ۳ استاندارد ایزو ۵۰۰۰۱
۱۵	..... ۳.۱ سیستم مدیریت انرژی ISO 50001
۱۹	..... ۳.۲ مزایای سیستم مدیریت انرژی
۱۹	..... ۳.۳ نمونه‌های عملی از نتیجه پیاده‌سازی استاندارد ISO ۵۰۰۰۱
۲۱	..... ۴.۳ مراجع
۲۲	..... ۴ طراحی سایه‌بان ترانس حفاظت کاندیک
۲۹	..... ۴.۱ سایه‌بان CGS شرق
۳۱	..... ۴.۲ سایه‌بان نیروگاه زرگان
۳۳	..... ۴.۳ سایه‌بان منطقه کوروش
۳۵	..... ۴.۴ سایه‌بان منطقه نیوسایت
۳۷	..... ۴.۵ سایه‌بان پارک علامه
۳۹	..... ۴.۶ سایه‌بان استخر آزادی
۴۱	..... ۴.۷ سایه‌بان TBS نبوت
۴۳	..... ۴.۸ سایه‌بان فاز ۲ پادادشهر
۴۶	..... ۵ فعالیت‌های ماه آتی

فهرست شکل‌ها:

- شکل ۱-۲: مدل جریان یک بعدی همراه با اصطکاک و انتقال حرارت درون لوله ۴
- شکل ۲-۲: شماتیک لوله‌ی گاز مدفون در خاک ۹
- شکل ۳-۲: تغییر دبی عبوری از لوله بر حسب فشار در خروجی لوله [۴] ۱۱
- شکل ۱-۳: مراحل پایه استاندارد ISO ۵۰۰۰۱ برای مدیریت انرژی [۱] ۱۵
- شکل ۲-۳: یک نمونه از طرح‌ریزی برای بهبود عملکرد انرژی [۱] ۱۷
- شکل ۱-۴: عرض مفید و وزن ورق‌های موج‌دار گالوانیزه ۲۵
- شکل ۲-۴: نحوه‌ی قرارگیری سایه‌بان و محورهای مختصات در نرم‌افزار SOLIDWORKS ۲۶
- شکل ۳-۴: نمودار ضریب اطمینان (سایه‌بان CGS شرق) ۲۹
- شکل ۴-۴: ابعاد سازه سایه‌بان پیشنهادی CGS شرق (سانتیمتر) ۳۰
- شکل ۵-۴: نمای بالا از نحوه‌ی قرارگیری سایه‌بان پیشنهادی CGS شرق (ابعاد بر حسب سانتیمتر) ۳۰
- شکل ۶-۴: نمودار ضریب اطمینان (سایه‌بان نیروگاه زرگان) ۳۱
- شکل ۷-۴: ابعاد سازه سایه‌بان پیشنهادی نیروگاه زرگان (سانتیمتر) ۳۲
- شکل ۸-۴: نمای بالا از نحوه‌ی قرارگیری سایه‌بان پیشنهادی نیروگاه زرگان (ابعاد بر حسب سانتیمتر) ۳۲
- شکل ۹-۴: نمودار ضریب اطمینان (سایه‌بان منطقه کوروش) ۳۳
- شکل ۱۰-۴: ابعاد سازه سایه‌بان پیشنهادی منطقه کوروش (سانتیمتر) ۳۴
- شکل ۱۱-۴: محفظه ترانس حفاظت کاتدیک منطقه کوروش ۳۴
- شکل ۱۲-۴: نمودار ضریب اطمینان (سایه‌بان منطقه نیوسایت) ۳۵
- شکل ۱۳-۴: ابعاد سازه سایه‌بان پیشنهادی منطقه نیوسایت (سانتیمتر) ۳۶
- شکل ۱۴-۴: محفظه ترانس حفاظت کاتدیک منطقه نیوسایت ۳۶
- شکل ۱۵-۴: نمودار ضریب اطمینان (سایه‌بان پارک علامه) ۳۷
- شکل ۱۶-۴: ابعاد سازه سایه‌بان پیشنهادی پارک علامه (سانتیمتر) ۳۸
- شکل ۱۷-۴: محفظه ترانس حفاظت کاتدیک پارک علامه ۳۸
- شکل ۱۸-۴: نمودار ضریب اطمینان (سایه‌بان استخر آزادی) ۳۹
- شکل ۱۹-۴: ابعاد سازه سایه‌بان پیشنهادی استخر آزادی (سانتیمتر) ۴۰
- شکل ۲۰-۴: نمای بالا از نحوه‌ی قرارگیری سایه‌بان پیشنهادی استخر آزادی (ابعاد بر حسب سانتیمتر) ۴۰
- شکل ۲۱-۴: نمودار ضریب اطمینان (سایه‌بان TBS نبوت) ۴۱
- شکل ۲۲-۴: ابعاد سازه سایه‌بان پیشنهادی TBS نبوت (سانتیمتر) ۴۲
- شکل ۲۳-۴: نمای بالا از نحوه‌ی قرارگیری سایه‌بان پیشنهادی TBS نبوت (ابعاد بر حسب سانتیمتر) ۴۲

-
- شکل ۴-۲۴: نمودار ضریب اطمینان (سایه‌بان فاز ۲ پادادشهر)..... ۴۳
- شکل ۴-۲۵: ابعاد سازه سایه‌بان پیشنهادی فاز ۲ پادادشهر (سانتیمتر)..... ۴۴
- شکل ۴-۲۶: نمای بالا از نحوه‌ی قرار گیری سایه‌بان پیشنهادی ۲ پادادشهر (ابعاد بر حسب سانتیمتر)..... ۴۴

فهرست جدول‌ها:

جدول ۱-۴: میزان هم‌پوشانی ورق‌های گالوانیزه	۲۳
جدول ۲-۴: مشخصات پروفیل‌های مورد استفاده در تحلیل	۲۴
جدول ۳-۴: نیروی وارد بر صفحه‌ی $2 \times 1 M^2$ موج‌دار سینوسی با شیب ۸ درجه قرار گرفته در جهت باد ۲۰ M/s	۲۷
جدول ۴-۴: نیروهای حاصل از وزن و باد روی سازه (بر حسب نیوتن)	۲۷
جدول ۵-۴: نیروهای حاصل از وزن و باد روی سازه (سایه‌بان CGS شرق)	۲۹
جدول ۶-۴: نیروهای حاصل از وزن و باد روی سازه (سایه‌بان نیروگاه زرگان)	۳۱
جدول ۷-۴: نیروهای حاصل از وزن و باد روی سازه (سایه‌بان منطقه کوروش)	۳۳
جدول ۸-۴: نیروهای حاصل از وزن و باد روی سازه (منطقه نیوسایت)	۳۵
جدول ۹-۴: نیروهای حاصل از وزن و باد روی سازه (سایه‌بان پارک علامه)	۳۷
جدول ۱۰-۴: نیروهای حاصل از وزن و باد روی سازه (استخرآزادی)	۳۹
جدول ۱۱-۴: نیروهای حاصل از وزن و باد روی سازه (TBS نبوت)	۴۱
جدول ۱۲-۴: نیروهای حاصل از وزن و باد روی سازه (فاز ۲ پادادشهر)	۴۳

۱ مقدمه

در این گزارش فعالیت‌های انجام‌شده در خردادماه ۱۳۹۳ توسط مرکز پژوهشی شبکه‌های گازرسانی تشریح می‌شود. مطابق با برنامه از پیش تنظیم شده، موارد زیر برای فعالیت‌های این ماه در نظر گرفته شده‌بود:

۱. شبیه‌سازی عددی هدررفت گاز از یک خط لوله با در نظر گرفتن اثرات انتقال حرارت

۱. تهیه نقشه‌های ایزومتریک آزمایشگاه تخصصی گاز

۲. انجام مطالعات ابتدایی در ارتباط با استاندارد ISO 50001

۳. پیگیری بحث مربوط به طراحی سایه‌بان برای برخی از تجهیزات فضای باز

در راستای محاسبه میزان گاز هدررفت از شبکه‌های گازرسانی، نرم‌افزاری بومی توسط مرکز پژوهشی تدوین شد. با توجه به ماهیت فرآیند هدررفت گاز، جریان سرعت بالا با در نظر گرفتن اثرات تراکم‌پذیری بر افت‌های موضعی و طولی در این نرم‌افزار شبیه‌سازی شد. لازم به ذکر است که در تمامی حالات شبیه‌سازی شده با توجه به سرعت بالای جریان و طول کم اتصالات و انشعابات مورد بررسی، از فرض جریان آدیاباتیک برای ساده‌سازی معادلات استفاده شده‌است. لذا به‌منظور محاسبه گاز هدررفت از یک شبکه‌ی گسترده گازرسانی با انشعابات طولانی لازم است تا اثرات تبدلات حرارتی جریان گاز را با محیط اطراف در معادلات وارد نمود. بدین ترتیب جهت افزایش قابلیت‌های محاسباتی نرم‌افزار، تصمیم بر آن شد تا در این ماه مقدمات لازم جهت شبیه‌سازی جریان هدررفت گاز از خط لوله‌ای طویل و با در نظر گرفتن اثرات انتقال حرارت و اصطکاک بطور همزمان فراهم شود. شرح کامل فعالیت‌های صورت گرفته در این راستا در فصل دوم این گزارش آورده شده‌است.

از دیگر فعالیت‌های پیش‌بینی شده در این ماه تهیه نقشه‌های ایزومتریک آزمایشگاه تخصصی گاز بود. شایان ذکر است که پلان کلی آزمایشگاه در ماه‌های گذشته توسط نرم‌افزار Solidworks تهیه

و ارائه شد. متأسفانه این نرم‌افزار در کنار توانمندی‌های فوق‌العاده طراحی، در زمینه‌ی تهیه نقشه‌های ایزومتریک با محدودیت‌هایی همراه می‌باشد. بر این اساس نرم‌افزار PDMS جهت تهیه نقشه‌های ایزومتریک مورد توجه قرار گرفت. از طرفی، با توجه به عدم دریافت مدل‌های Solidworks توسط نرم‌افزار PDMS می‌بایست مجدداً مدل‌های سه‌بعدی در نرم‌افزار PDMS طراحی شوند. در این ماه نزدیک به نیمی از مدل سه‌بعدی آزمایشگاه و تجهیزات مربوطه در این نرم‌افزار تولید شده‌است. با تکمیل مدل آزمایشگاه در آینده نزدیک، نقشه‌های ایزومتریک آزمایشگاه تهیه خواهد شد.

امروزه در اکثر کشورهای جهان و به‌ویژه کشورهای پیشرفته با توجه به رشد روز افزون قیمت منابع انرژی و شدت گرفتن آلودگی محیط زیست استانداردهای ملی مدیریت انرژی در سرلوحه سیاست‌های کلان کشورها قرار دارند. در همین راستا از سال ۲۰۰۹ میلادی سازمان ISO با همکاری موسسات استاندارد کشورهای پیشرفته نظیر ANSI و ABNT تدوین استاندارد بین‌المللی سیستم مدیریت انرژی ISO ۵۰۰۰۱ را آغاز نمود. این استاندارد الزامات مرتبط با سیستم‌های مدیریت انرژی را تشریح می‌نماید. بکارگیری این استاندارد، به‌صورت سیستماتیک سازمان‌ها را در خصوص مدیریت مصرف حامل‌های انرژی توانمند ساخته و در بهبود مصرف انرژی نقش اساسی ایفا می‌نماید. نظر به ضرورت و اهمیت موضوع انرژی و سیاست‌های کلان کشور در راستای مدیریت مصرف انرژی، یکی از فعالیت‌ها و بخش‌های استراتژیک هر سازمانی تمرکز بر مدیریت مصرف انرژی می‌باشد. لذا براساس رویکرد مدیریت جدید شرکت گاز استان خوزستان، بحث پیاده‌سازی استاندارد ISO ۵۰۰۰۱ در این شرکت و همچنین صنایع مختلف به عنوان جدیدترین استاندارد مدیریت انرژی مطرح شد. در این راستا مرکز پژوهش شبکه‌های گاز رسانی مطالعات اولیه را روی این استاندارد آغاز نمود. شرح فعالیت‌های انجام گرفته در این زمینه، در فصل سوم گزارش آمده‌است.

از دیگر فعالیت‌های تعریف‌شده در این ماه، پیگیری طراحی سایه‌بان برای ترانس‌های حفاظت کاتدیک است. ترانس مذکور باید از نور آفتاب و دماهای بالا مخصوصاً در تابستان محافظت شود. بر اساس اطلاعات شرکت گاز استان خوزستان، دمای روغن درون ترانس‌ها در فصول گرم به ۶۵ درجه سانتیگراد نیز می‌رسد. بر همین اساس طراحی سایه‌بان مناسب برای آن امری ضروری بوده که این امر بر عهده‌ی مرکز پژوهش شبکه‌های گازرسانی قرار گرفت. جهت طراحی سایه‌بان، در ماه‌های اسفند ۹۲ و فروردین ۹۳ از محل نصب ترانس‌ها بازدید شد و اندازه‌گیری‌های لازم انجام گردید. لذا در این ماه با توجه به حجم بالای کار، طراحی سایه‌بان ۸ ترانس از ۱۸ ترانس مورد نظر انجام شد. برای طراحی ابتدا مطالعات لازم بر روی نوع و جنس سایه‌بان‌های موجود در بازار و سازه‌ها آن‌ها انجام شد. سپس بر اساس شرایط جغرافیایی محل و مکان ترانس‌ها طراحی صورت گرفت. تشریح این فعالیت‌ها در فصل چهارم ذکر شده‌است. فصل آخر نیز دربرگیرنده‌ی فعالیت‌های ماه آتی می‌باشد.

۲ شبیه‌سازی عددی هدررفت گاز از خط لوله با در نظر گرفتن اثرات انتقال حرارت

با توجه به پایین بودن سرعت جریان گاز در شرایط معمول کارکرد شبکه، استفاده از فرض تراکم‌ناپذیری در نرم‌افزارهای کاربردی مورد استفاده نتایج قابل قبولی را برای این‌گونه جریان‌ها ارائه می‌دهد. در حالت‌های خاص نظیر شکستن خط لوله، رهاسازی گاز به اتمسفر (به‌منظور راه‌اندازی شبکه یا تخلیه شبکه) و موارد مشابه با توجه به وجود اختلاف فشار بالا، سرعت در خط لوله به‌شدت افزایش یافته و اثرات تراکم‌پذیری به‌صورت چشمگیری بر میزان افت فشار درون خط لوله و اتصالات اثر می‌گذارند. لذا جهت مدل‌سازی جریان در شرایط مذکور، استفاده از فرض تراکم‌ناپذیری جریان نتایج معتبری را به همراه نخواهد داشت.

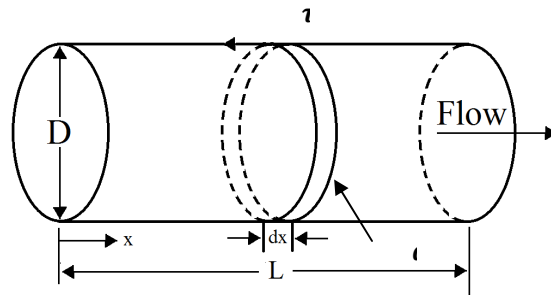
در این راستا مرکز پژوهشی شبکه‌های گازرسانی فعالیت‌های متعددی در خصوص تدوین و تکمیل نرم‌افزار بومی محاسبه هدررفت گاز انجام داده‌است. قابل ذکر است که تاکنون در شبیه‌سازی‌های صورت گرفته از فرض آدیاباتیک بودن جریان استفاده شده که با توجه به سرعت بالای جریان و طول کم اتصالات و خط لوله مورد بررسی فرض معتبر و صحیحی می‌باشد. اما در صورت رهاسازی گاز از شبکه‌ای گسترده با انشعابات طولانی، انتظار می‌رود تا اثرات انتقال حرارت مابین جریان گاز و محیط اطراف بر افت فشار درون خطوط لوله و به تبع آن بر دبی هدررفت تاثیر بگذارد.

لذا جهت تکمیل قابلیت‌های محاسباتی نرم‌افزار تصمیم بر آن شد تا هدررفت گاز از یک خط لوله و با در نظر گرفتن اثرات انتقال حرارت نیز مورد بررسی قرار گیرد. در این راستا در گزارش این فصل ابتدا معادلات حاکم بر جریان، فرضیات صورت گرفته و شرایط مرزی موجود برای حالت مورد بررسی به تفصیل بیان می‌شوند. پس از آماده‌سازی معادلات موجود، الگوریتم و مسیر کلی حل جهت محاسبه دبی هدررفت جریان ارائه خواهد شد. لازم به ذکر است که فرآیند برنامه‌نویسی کامپیوتری

جهت حل معادلات استخراجی نیز در این ماه آغاز شده و تکمیل و اعتبارسنجی آن در گزارش ماه آینده ارائه خواهد شد.

۱.۲ فرضیات صورت گرفته و معادلات حاکم بر جریان

به منظور شبیه‌سازی جریان سرعت بالا در یک خط لوله طولانی و محاسبه میزان گاز هدررفت از آن، فرضیات ساده شونده‌ای نظیر جریان پایا، لزج، تراکم‌پذیر و یک‌بعدی در نظر گرفته شده‌است. سیال عامل گاز طبیعی فرض شده و از قانون گاز ایده‌آل برای محاسبه چگالی استفاده شده‌است. در این نوع جریان با توجه به فرضیات صورت گرفته، چهار مجهول (سرعت، فشار، دما و چگالی) وجود خواهد داشت که برای حل آن‌ها به چهار معادله نیاز است. معادله‌های بقای جرم، انرژی، اندازه حرکت و معادله حالت معادلات حاکم بر جریان بوده که در ادامه با در نظر گرفتن یک بخش دیفرانسیلی از لوله مطابق شکل ۱-۲ به دست می‌آیند.



شکل ۱-۲: مدل جریان یک بعدی همراه با اصطکاک و انتقال حرارت درون لوله

جهت استخراج معادله پیوستگی، لوله‌ای با سطح مقطع ثابت در نظر گرفته شده‌است. با توجه به المان نشان داده شده در شکل ۱-۲ می‌توان این معادله را به شکل رابطه (۱-۲) نوشت.

$$\rho u = \text{Const} = G \quad (1-2)$$

که در آن ρ و u به ترتیب چگالی و سرعت سیال در فاصله x از ابتدای لوله است. با در نظر گرفتن المان نشان داده شده در شکل ۱-۲، می‌توان معادله اندازه حرکت در راستای x را نیز به صورت رابطه (۲-۲) به دست آورد.

$$dP + d(\rho u^2) = -\frac{4\tau_w dx}{D} \quad (2-2)$$

که در آن P فشار سیال، D قطر لوله و τ_w تنش برشی اعمالی از جانب دیوار است که این تنش از رابطه (۳-۲) قابل محاسبه است.

$$f=4\tau_w / (\frac{1}{2}\rho u^2) \quad (۳-۲)$$

پارامتر f در رابطه (۳-۲) بیانگر ضریب اصطکاک لوله می‌باشد. با ترکیب رابطه (۲-۲) و (۳-۲) و استفاده از رابطه پیوستگی جرم، معادله زیر به دست خواهد آمد.

$$\frac{dP}{dx} + \rho u \frac{du}{dx} = -\frac{1}{2}\rho u^2 \frac{f}{D} \quad (۴-۲)$$

با توجه به این موضوع که جریان گاز درون خطوط لوله معمولاً جریانی آشفته است، جهت تعیین مقدار ضریب اصطکاک به رابطه‌ای نیاز است که در این محدوده دارای دقت بالایی باشد. بهترین و دقیق‌ترین تقریب برای تعیین این ضریب در ناحیه آشفته رابطه‌ی کلبروک - وایت^۱ است که توسط رابطه (۵-۲) بیان می‌شود [۱].

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log\left(\frac{2.51}{Re\sqrt{f}} + \frac{\varepsilon}{3.7D}\right) \quad (۵-۲)$$

پارامتر Re ، همان عدد رینولدز درون لوله بوده و ε نیز برابر با میزان زبری لوله است. مهم‌ترین نقص رابطه‌ی کلبروک - وایت، غیرصریح بودن این رابطه می‌باشد که برای تعیین ضریب اصطکاک نیاز به سعی و خطا دارد. طی سالیان گذشته به منظور رفع این مشکل تصحیحات بسیاری بر این رابطه صورت گرفته تا روابطی صریح و دارای همان میزان دقت بدست آید. در این راستا هالند^۲ در سال ۱۹۸۳ رابطه‌ی را ارائه کرد که در عین داشتن دقتی مناسب، محاسبات را به میزان قابل توجهی کاهش می‌داد [۲]. در شبیه‌سازی حاضر نیز از اصلاح هالند که توسط رابطه (۶-۲) بیان می‌شود، جهت محاسبه ضریب اصطکاک استفاده خواهد شد.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1.8 \log \left[\frac{6.9}{Re} + \left(\frac{\varepsilon}{3.7D} \right)^{1.11} \right] \quad (۶-۲)$$

از طرفی نیز با فرض گاز طبیعی به عنوان گاز کامل می‌توان معادله حالت را طبق رابطه (۷-۲) بیان نمود.

$$P = \rho RT \quad (۷-۲)$$

با مشتق‌گیری از رابطه (۷-۲) در راستای x ، فرم دیفرانسیلی معادله حالت مطابق با رابطه (۸-۲) بدست می‌آید.

^۱ Colebrook - White

^۲ Halland

$$\rho R \frac{dT}{dx} = \frac{dP}{dx} - RT \frac{d\rho}{dx} \quad (۸-۲)$$

پس از آن با توجه به فرضیات جریان از قبیل جریان پایای یک بعدی و همچنین وجود انتقال حرارت، می‌توان شکل دیفرانسیلی معادله انرژی را مطابق با رابطه (۹-۲) به دست آورد.

$$\dot{m}d\left(h + \frac{u^2}{2}\right) = d\dot{q} \quad (۹-۲)$$

با ثابت فرض نمودن ظرفیت گرمایی ویژه در فشار ثابت و همچنین تعریف آنتالپی بصورت $h = C_p T$ برای گاز ایده‌آل، رابطه (۹-۲) به رابطه (۱۰-۲) تبدیل می‌شود.

$$\rho u \frac{\pi D^2}{4} \left(C_p \frac{dT}{dx} + u \frac{du}{dx} \right) = \pi D U (T_\infty - T_{wa}) \quad (۱۰-۲)$$

در رابطه (۱۰-۲) T_∞ دمای محیط، T_{wa} دمای آدیاباتیک دیواره^۳ و U ضریب انتقال حرارت کلی می‌باشد. نسبت مابین دمای آدیاباتیک دیواره، دمای سکون (T_0) و دمای استاتیک (T) جریان به صورت رابطه (۱۱-۲) قابل بیان است [۳].

$$\frac{T_{wa} - T}{T_0 - T} = Pr^{1/3} \quad (۱۱-۲)$$

عبارت Pr در رابطه (۱۱-۲) عدد پرانتل جریان است. نسبت مابین دمای سکون و استاتیک جریان را نیز می‌توان به صورت رابطه (۱۲-۲) بیان نمود [۴].

$$\frac{T_0}{T} = 1 + \frac{\gamma - 1}{2} M^2 \quad (۱۲-۲)$$

در رابطه (۱۲-۲)، عدد γ برابر با نسبت ظرفیت گرمایی ویژه در فشار ثابت به ظرفیت گرمایی ویژه در حجم ثابت می‌باشد. همچنین عبارت $M = u / \sqrt{\gamma RT}$ نیز بیانگر عدد ماخ جریان گاز است. در ادامه لازم است تا بطور اخص به تشریح مکانیزم انتقال حرارت مابین جریان گاز درون لوله و محیط پیرامون آن پرداخته و روند محاسبه ضریب انتقال حرارت کلی استفاده شده در رابطه (۱۰-۲) مشخص شود.

۱.۱.۲ محاسبه ضریب کل انتقال حرارت

توصیف دقیق ماهیت انتقال حرارت در خطوط لوله نیازمند تولید شبکه‌ای دوبعدی و یا حتی سه‌بعدی خواهد بود. با این وجود در اغلب موارد به دلیل نبود داده‌های دقیق و توصیف هندسه و

^۳Adiabatic Wall Temperature

مشخصات زمین در اطراف خط لوله، انتقال حرارت مدل توصیف شده به صورت یک‌بعدی در نظر گرفته شده و از انتقال حرارت در امتداد محورهای جانبی صرف نظر می‌شود.

نکته قابل ذکر دیگر این است که در جریان‌های آرام در مجراهای طولانی و غیرعایق، سیال عامل با محیط پیرامون به تعادل دمایی رسیده و می‌توان جریان را به صورت هم‌دمای تحلیل نمود. اما در صورتی که گاز با سرعت بالایی در مجرا جریان یابد (در مواردی نظیر شکست لوله، رهاسازی گاز به اتمسفر و ...)، گاز با محیط پیرامون به تعادل دمایی نرسیده و استفاده از فرض هم‌دمایی برای حل معادلات معتبر نیست. در واقع قابل اثبات است که برای اینکه بتوان جریانی را در مجرای با مقطع ثابت و به صورت هم‌دمای از عدد ماخ کم تا مقادیر نزدیک به خفگی جریان رساند، به گذر گرمای بینهایت نیاز بوده که این امر از نظر فیزیکی غیرممکن است [۵]. لذا می‌بایست جریان‌های با سرعت بالا در مجراهای طولانی را به صورت غیرهم‌دمای شبیه‌سازی نمود. همچنین لازم به ذکر است که در صورت کوتاه بودن طول مجرای مورد بررسی می‌توان از فرض جریان فانو استفاده نموده و از انتقال حرارت مابین جریان و محیط اطراف صرف نظر کرد.

در نتیجه به منظور محاسبه هدررفت گاز از مجرای طولانی می‌بایست تا انتقال حرارت جریان گاز را با محیط پیرامون به صورت یک بعدی و غیرهم‌دمای شبیه‌سازی نمود. در این راستا لازم است ضریب کل انتقال حرارت استفاده شده در رابطه (۲-۱۰) را برای هندسه مساله استخراج نمود. ضریب کل انتقال حرارت، حالتی ترکیبی از ۳ فرآیند انتقال حرارت متفاوت است که عبارتند از:

۱. جابجایی مابین جریان گاز و دیواره درونی لوله

۲. انتقال حرارت هدایتی در دیواره لوله

۳. جابجایی از محیط پیرامون به دیواره خارجی لوله

در ادامه روش‌های محاسبه مقاومت حرارتی (R) متناسب با هر کدام از ۳ فرآیند مذکور معرفی خواهند شد. لازم به ذکر است که با داشتن مقاومت‌های حرارتی مربوط به هر فرآیند، ضریب انتقال حرارت کلی جریان را می‌توان توسط رابطه (۲-۱۳) بدست آورد. در این رابطه A برابر با سطح مرجعی است که ضریب کل انتقال حرارت بر حسب آن بیان می‌شود [۶]. به منظور محاسبه ضریب مذکور در شبیه‌سازی حاضر، سطح داخلی لوله به عنوان مساحت مرجع انتخاب شده است.

$$UA = (\sum R)^{-1} \quad (2-13)$$

انتقال حرارت از دیواره به گاز

در این فرآیند برای محاسبه ضریب انتقال حرارت جابجایی از رابطه ناسلت (Nu) ارائه شده توسط دیتوس و بولتر^۴ برای سیال درون لوله استفاده می‌شود [۶].

$$Nu = \frac{h_i D}{k_g} = 0.023 Re^{0.8} Pr^n \quad (14-2)$$

در رابطه (۱۴-۲) k_g ضریب هدایت گرمایی و h_i ضریب انتقال حرارت جابجایی جریان گاز درون لوله می‌باشد. لازم به ذکر است که در رابطه مذکور مقدار n برای وضعیت گرمایش و سرمایش گاز به ترتیب $0/3$ و $0/4$ می‌باشد. مقاومت حرارتی ضرایب انتقال حرارت جابجایی نیز به سادگی از رابطه $R_i = \frac{L}{h_i A_i}$ قابل محاسبه است.

انتقال حرارت هدایتی در دیواره لوله

اگر دیواره خط لوله دارای چندین لایه با ضرایب هدایت گرمایی متفاوت باشد، با نوشتن قانون فوریه برای استوانه‌ها می‌توان مقاومت رسانشی معادل آن‌ها را بدست آورد. رابطه (۱۵-۲) مقاومت رسانشی مربوط به دیوارهای استوانه‌ای چندگانه را بیان می‌کند [۶].

$$R_w = \sum_{i=1}^n \frac{\ln(r_{oi}/r_{ii})}{2\pi L k_i} \quad (15-2)$$

که در آن L طول لوله، k_i ضریب هدایت گرمایی دیواره i ام و همچنین r_o و r_i به ترتیب شعاع‌های خارجی و داخلی آن هستند.

انتقال حرارت از محیط پیرامون به دیواره

با توجه به محیط پیرامون، دیواره خط لوله در معرض ضرایب انتقال حرارت متفاوتی قرار می‌گیرد. از اینرو می‌توان محیط اطراف لوله را به ۲ دسته کلی تقسیم نمود.

۱. لوله در معرض آب

در این مورد لوله کاملاً درون آب قرار دارد. مقدار ضریب انتقال حرارت جابجایی در این شرایط توسط رابطه (۱۶-۲) بیان می‌شود. در این رابطه عدد رینولدز و پرانتل با توجه به مشخصات آب در دمای فیلم (میانگین دمای دیواره لوله و آب) محاسبه می‌شود [۷].

^۴ Dittus-Boelter

$$Nu=0.26Re^{0.8}Pr^{0.3} \quad (16-2)$$

۲. لوله مدفون شده در خاک

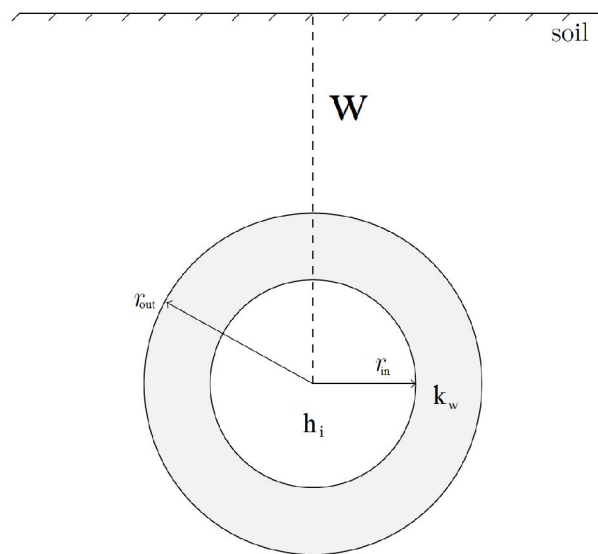
لوله مدفون در زیر خاک را می‌توان با هندسه یک استوانه در صفحه‌ای نیمه متناهی مدل نمود. با استفاده از ضرایب شکل موجود در مراجع برای هندسه مذکور، می‌توان فرآیند انتقال حرارت مابین دیوار خارجی لوله و محیط پیرامون را با تعریف ضریب انتقال حرارت این ناحیه مدل کرد. برای این شرایط ضریب انتقال حرارت بیرونی از رابطه (۱۷-۲) قابل محاسبه است [۸].

$$h_o = \frac{k_{Soil} / r_{outer}}{\text{Cosh}^{-1}(W/r_{outer})} \quad (17-2)$$

که در آن W فاصله مرکز خط لوله از سطح زمین و r_{outer} شعاع خارجی‌ترین لایه لوله است.

در نهایت می‌توان به عنوان نمونه پس از محاسبه تمامی مقاومت‌های حرارتی، ضریب انتقال حرارت کلی را برای لوله‌ای مدفون (شکل ۲-۲) مطابق با رابطه (۱۸-۲) بیان کرد.

$$U = \left(\frac{1}{h_i} + r_{in} \frac{\ln\left(\frac{r_{out}}{r_{in}}\right)}{k_w} + \frac{r_{in}}{r_{out} h_o} \right)^{-1} \quad (18-2)$$



شکل ۲-۲: شماتیک لوله‌ی گاز مدفون در خاک

۲.۲ شرایط مرزی و مسیر حل مساله

همان‌طور که در مقدمه فصل نیز اشاره گردید، هدررفت گاز در مواردی نظیر تخلیه شبکه به اتمسفر، شکستن خط لوله و ... رخ می‌دهد. با توجه به تخلیه گاز طبیعی در تمامی حالت‌های مذکور به اتمسفر، برای شبیه‌سازی جریان در چنین شرایطی می‌بایست فشار در خروجی لوله برابر با فشار اتمسفر در نظر گرفته شده و میزان گاز هدررفت برای حالت‌های مختلف فشار ورودی محاسبه شود. لازم به ذکر است که رهاسازی جریان گاز بطور کلی ماهیتی گذرا دارد. با این وجود می‌توان از فرضیات ساده‌شونده‌ای نظیر طولانی بودن زمان هدررفت و همچنین ثابت بودن فشار گاز در ورودی لوله، مساله را در حالت دائم شبیه‌سازی نمود [۹].

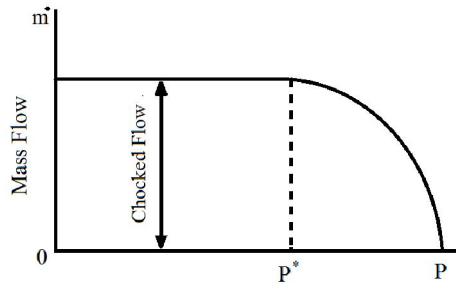
با توجه به شرایط مساله و معادلات حاکم ارائه شده می‌توان گفت که در صورت مشخص شدن سرعت در ورودی، می‌توان سایر پارامترها جریان و به تبع آن میزان گاز هدررفت از خط لوله را بدست آورد. بدین ترتیب که پس از بدست آوردن سرعت در ورودی و با توجه به معلوم بودن دما و فشار کل (سکون) در این مقطع، می‌توان طبق تعاریف فشار و دمای سکون به کمک روابط (۲-۱۹) و (۲-۲۰) دما و فشار استاتیک در ورودی را محاسبه نمود. در نهایت نیز به کمک معادله حالت، چگالی گاز در ورودی تعیین شده و با داشتن سرعت و سطح مقطع لوله، میزان دبی خروجی از لوله معلوم می‌گردد. لازم به ذکر است که تعیین مقدار دقیق سرعت اولیه با حل همزمان روابط حاکم (۲-۱)، (۲-۴)، (۲-۸) و (۲-۱۰) و با استفاده از فرآیند سعی و خطا حاصل می‌شود. بدین صورت که سرعت اولیه حدس زده شده زمانی صحیح است که خروجی لوله در جریان‌های زیرصوتی به فشار اتمسفر میل کند.

$$T_0 = T + \frac{u^2}{2C_p} \quad (۲-۱۹)$$

$$\frac{P_0}{P} = \left(\frac{T_0}{T}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \quad (۲-۲۰)$$

عامل محرک گاز برای برقراری جریان درون لوله، اختلاف فشار میان دو سر لوله است و هرچه این اختلاف بیش‌تر شود، گاز با سرعت بیشتری در لوله به جریان می‌افتد. حال اگر با فرض ثابت ماندن فشار ورودی اختلاف فشار در دو سر لوله به اندازه‌ای باشد که ماخ خروجی لوله برابر با یک شود (فشار خروجی در این حالت P^* نامیده می‌شود)، سرعت جریان در ورودی به ماکزیمم مقدار خود خواهد رسید. در این حالت اصطلاحاً جریان خفه شده و دبی عبوری از لوله به بیشینه مقدار خود رسیده‌است. بدین ترتیب کاهش فشار در خروجی به کمتر از مقادیر P^* تاثیری بر میزان دبی

عبوری از لوله نخواهد داشت [۴]. شکل ۲-۳ تغییر دبی عبوری از لوله را بر حسب فشار خروجی نشان می‌دهد.



شکل ۲-۳: تغییر دبی عبوری از لوله بر حسب فشار در خروجی لوله [۴]

با توجه به توضیحات داده شده می‌توان نتیجه گرفت که متناسب با اختلاف فشار در دو سر لوله، ممکن است جریان گاز دو رفتار متفاوت از خود نشان دهد. رفتار نخست بدین‌گونه است که فشار در خروجی به قدری باشد که نتواند ماخ خروجی را به یک برساند و بدین ترتیب جریان در طول لوله زیرصوتی باقی بماند. با توجه به شکل ۲-۳ مشاهده می‌شود که این رفتار در صورتی رخ می‌دهد که فشاری که گاز در آن تخلیه می‌شود بزرگتر از P^* باشد. رفتار دوم نیز زمانی رخ می‌دهد که اختلاف فشار دو سر لوله به اندازه‌ای باشد که عدد ماخ خروجی را به یک برساند. در این حالت فشاری که گاز در آن تخلیه می‌شود کوچکتر و یا مساوی با P^* است. شایان ذکر است برای تمامی فشارهایی که کم‌تر از P^* هستند، شرایط جریان در لوله یکسان بوده و سرعت و دبی گاز ورودی به آن نیز یکسان خواهد شد.

به‌منظور تخمین سرعت اولیه می‌بایست هر دو حالت فوق را مدنظر قرار داد. بدین منظور ابتدا باید معادلات حاکم را با روند سعی و خطا به نحوی حل نمود که عدد ماخ در خروجی برابر با یک شود. حال چنانچه فشار خروجی محاسبه شده از فشاری که خط بدان تخلیه می‌شود (فشار اتمسفر) بیشتر باشد، آن‌گاه فرض خفگی جریان درست بوده و با داشتن دما و عدد ماخ در ورودی می‌توان سرعت گاز و در نتیجه میزان دبی هدررفت را محاسبه نمود.

اما در صورتی که فشار محاسبه شده در خروجی از فشاری که خط بدان تخلیه می‌شود (فشار اتمسفر) کمتر باشد، می‌توان نتیجه گرفت ماخ خروجی کمتر از یک بوده و جریان گاز در طول لوله زیرصوتی است. در این حالت پس از یک فرض اولیه برای مقدار سرعت در ورودی، با حل معادلات (۲-۱)، (۲-۴)، (۲-۸) و (۲-۱۰) به‌صورت هم‌زمان مقادیر مجهولات در طول لوله تعیین می‌شوند. پس از این مرحله چنانچه فشار محاسبه شده در خروجی لوله برابر با فشار اتمسفر باشد، آن‌گاه

می‌توان نتیجه گرفت که سرعت اولیه درست حدس زده شده و در غیر این صورت می‌بایست یک حدس جدید برای سرعت در ورودی لوله زده شود. این امر تا زمانی ادامه می‌یابد که فشار خروجی برابر با فشار اتمسفر شود.

ذکر این نکته ضروری است که به منظور بررسی وضعیت خفگی جریان می‌بایست معادلات حاکم را مجدداً بازآرایی نموده تا به فرم‌های بر حسب عدد ماخ درآورده شوند. بدین ترتیب با در نظر داشتن روابط (۱-۲)، (۲-۲)، (۳-۲)، (۴-۲)، (۵-۲) و همچنین تعریف عدد ماخ جریان به صورت $M = u / \sqrt{\gamma RT}$ برای یک گاز کامل و بازنویسی مجدد روابط مذکور، می‌توان به روابط (۲۱-۲)، (۲۲-۲) و (۲۳-۲) رسید.

$$\frac{dP}{dx} = -\frac{\gamma P}{1+\gamma M^2} \left[\frac{f}{2D} M^2 + \frac{dM^2}{dx} \right] \quad (21-2)$$

$$\frac{dM^2}{M^2} = \frac{dT}{T} - 2 \frac{dP}{P} \quad (22-2)$$

$$\frac{dT}{dx} = \frac{1}{1 + \frac{\gamma-1}{2} M^2} \left[\frac{4Uf}{GDC_p} (T_\infty - T_{wa}) - \frac{\gamma-1}{2} T \frac{dM^2}{dx} \right] \quad (23-2)$$

در نهایت نیز با قرار دادن روابط (۲۱-۲) و (۲۳-۲) در رابطه (۲۲-۲)، می‌توان به رابطه (۲۴-۲) که تنها بر حسب ۲ متغیر ماخ و دما باشد دست یافت (همانند رابطه (۲۳-۲)).

$$\frac{dM^2}{dx} = \frac{M^2}{1-M^2} \left[\frac{4U}{GDC_p} (1+\gamma M^2) \frac{T_\infty - T_{wa}}{T} + \frac{\gamma f M^2}{D} \left(1 + \frac{\gamma-1}{2} M^2 \right) \right] \quad (24-2)$$

با در نظر گرفتن یک حدس اولیه برای عدد ماخ ورودی و با توجه به معلوم بودن دمای گاز در ورودی لوله، می‌توان دو رابطه (۲۳-۲) و (۲۴-۲) را به صورت همزمان حل کرده و مقدار ماخ و دما را در تمام طول لوله محاسبه نمود. همچنین با داشتن دما و عدد ماخ جریان، به کمک رابطه (۲۲-۲) فشار و به تبع آن سایر پارامترهای جریان قابل محاسبه خواهند بود.

لازم به ذکر است در تکمیل فعالیت‌های صورت گرفته در این ماه، فرآیند برنامه‌نویسی جهت حل معادلات حاکم و در نتیجه محاسبه گاز هدررفت از یک خط لوله نیز آغاز شد و با توجه به زمانبر بودن این امر، تکمیل آن به ماه آینده موکول گردید.

۳.۲ مراجع

- [۱] Colebrook, C., "Turbulent flow in pipes, with particular reference to the transition regime between smooth and rough pipe laws", Institution of Civ. Eng. Journal, (1939), 11, 133-156.
- [۲] Haaland. S., "Simple and Explicit Formulas for the Friction Factor in Turbulent Pipe Flow", J. Fluids Eng. 105 (1983) 89-90.
- [۳] A.Nouri-Borujerdi, M.Ziaei, "Simulation of Compressible Flow in High Pressure Buried Gas Pipelines", International Journal of Heat and Mass Transfer. 52 (2009) 5751-5758.
- [۴] Anderson, J.D., "Modern Compressible Flow with Historical Perspective", McGraw-Hill Publishing Company, (2002).
- [۵] James, E.John., "Gas Dynamics", 2nd ed, Pearson Prentice Hall, (1984).
- [۶] Bergman, T.L., Incropera, F.P., DeWitt, D.P., Lavine, A.S., "Introduction to Heat Transfer", John Wiley and Sons, (2007).
- [۷] Helgaker, J.F., "Modeling Transient Flow in Long Distance Offshore Natural Gas Pipelines", PhD Thesis, Norwegian University of Science and Technology, (2013).
- [۸] شعبانی، محسن، مدل‌سازی رتبه کاسته جریان ناپایای یک‌بعدی غیرهم‌دمای درون خطوط لوله گاز طبیعی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه مکانیک، دانشکده مهندسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اسفند ۱۳۹۱.
- [۹] سعیدیان، حجت، شبیه‌سازی عددی گاز هدررفت در شبکه‌های گازرسانی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه مکانیک، دانشکده مهندسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اسفند ۱۳۹۱.

۳ استاندارد ایزو ۵۰۰۰۱

در تاریخ ۱۵ ژوئن ۲۰۱۱ پیش‌نویس استاندارد ISO ۵۰۰۰۱ منتشر شد. مدیریت انرژی هدف از ارایه این استاندارد می‌باشد. تکامل این استاندارد از کشورهای آمریکا و دانمارک در سال ۲۰۰۰ شروع شده و تا سال ۲۰۰۹ توسط کشورهایمانند چین، کره جنوبی و آفریقای جنوبی دنبال شد. بر پایه این استاندارد، استاندارد اروپایی EN ۱۶۰۰۱ تدوین و توسط کشورهای اروپایی به رسمیت شناخته شد. سرانجام در سال ۲۰۱۱ استاندارد ISO ۵۰۰۰۱ تدوین و پیش‌نویس آن در همان سال توسط سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO) منتشر شد. به طور کلی این استاندارد موارد لازم جهت استقرار یک سیستم مدیریت انرژی را بیان کرده که نتیجه آن، بهبود مصرف و بازدهی انرژی است. استفاده از این استاندارد، مصرف انرژی را کاهش و از تولید بیشتر گازهای گلخانه‌ای و آلودگی محیط زیست جلوگیری می‌کند. هر سازمانی جهت ایجاد سیاست‌های کلی انرژی و اثبات استفاده بهینه از آن، می‌تواند از این استاندارد پیروی کند. از مزایای این استاندارد مطابقت آن با استاندارد ISO ۱۴۰۰۱ و ISO ۹۰۰۱ و برآورده ساختن نیازهای استاندارد اروپایی EN ۱۶۰۰۱ می‌باشد.

چون این استاندارد بر پایه مدیریت بنا شده است از چهار مرحله کلی زیر تشکیل شده است.

۱. طرح‌ریزی: بازنگری و تعیین خطوط مبنایی انرژی، شاخص‌های عملکرد انرژی (بهینه‌سازی و

مصرف انرژی)، برنامه‌های عملیاتی برای بهبود عملکرد انرژی

۲. اجرا: پیاده‌ساختن برنامه‌های مدیریت انرژی

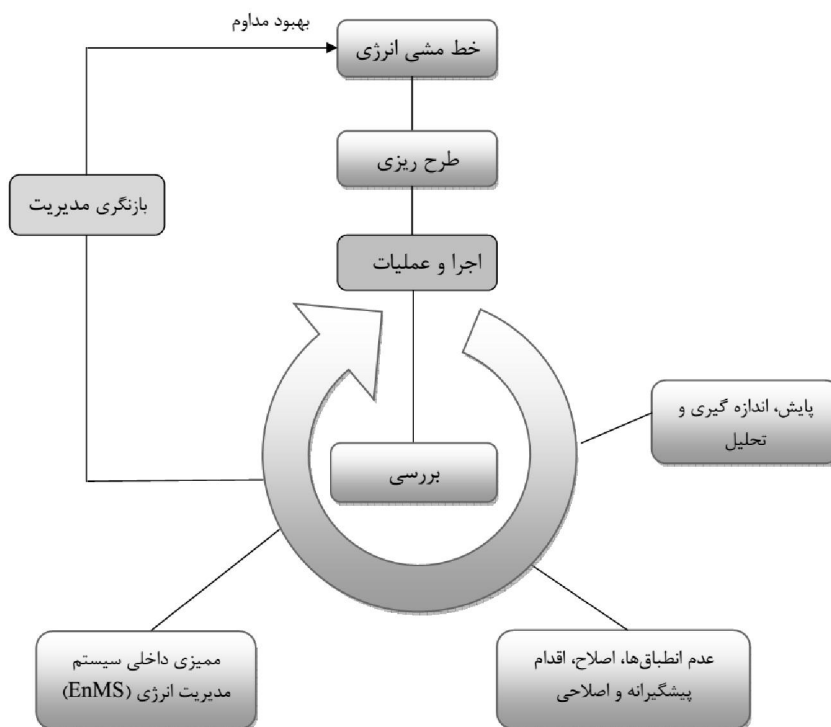
۳. بررسی: تعیین میزان مصرف انرژی توسط فرآیندهای سیستم مورد مطالعه و موارد عمده تاثیر

گذار بر مصرف انرژی و مقایسه آن با میزان مورد نظر در اهداف

۴. اقدام: انجام اقداماتی جهت بهبود در عملکرد انرژی و مدیریت آن

مراحل بالا را می‌توان به شکل یک نمودار مطابق با شکل ۳-۱ نشان داد. در ادامه ساختار و

مراحل پیاده‌سازی این استاندارد تشریح شده است.



شکل ۱-۳: مراحل پایه استاندارد ISO 50001 برای مدیریت انرژی [۱]

۱.۳ سیستم مدیریت انرژی ISO 50001

هدف از تدوین این استاندارد، ایجاد، اجرا و بهبود سیستم مدیریت انرژی است. همچنین ارایه یک راه‌کار جهت بهبود در عملکرد، بازده و مصرف انرژی از اهداف آن است. این استاندارد الزامات استفاده و مصرف انرژی (تهیه مدارک و اسناد، طراحی فرآیندها و سیستم‌ها، طراحی و خرید تجهیزات) و کارکنانی که در عملکرد انرژی نقش دارند را مشخص می‌کند. واژگان و تعاریف مورد کاربرد در این استاندارد شامل موارد زیر است:

- مرزها: شامل محدودیت در مکان یا حدود تعریف‌شده توسط سازمانی است که از این استاندارد استفاده می‌کند.
- بهبود مداوم: تکرار یک فرآیند جهت ارتقا عملکرد انرژی و سیستم مدیریت آن.
- انرژی: شامل سوخت‌ها، الکتریسیته، بخار، گرما، هوای فشرده و ... که قابلیت خریداری، ذخیره‌سازی، استفاده در تجهیزات و فرآیندها را دارد.

- خط مبنای انرژی: یک مقدار مبنا و مشخص جهت مقایسه عملکرد انرژی
 - عملکرد انرژی: نتایج قابل اندازه‌گیری مرتبط با کارایی و مصرف انرژی
 - خط‌مشی انرژی: بیانیه‌ای که مدیران ارشد یک سازمان جهت تعیین اهداف سازمان در خصوص عملکرد انرژی ارائه می‌کنند.
 - سازمان: شخص یا گروهی از اشخاص که دارای شرکت، بنگاه، موسسه اقتصادی اعم از خصوصی یا عمومی است و توانایی کنترل مصرف انرژی را دارند.
- هر استاندارد بر پایه یک سری اصول و الزامات بنا شده است. می‌توان الزامات سیستم مدیریت انرژی را موارد ذیل برشمرد.

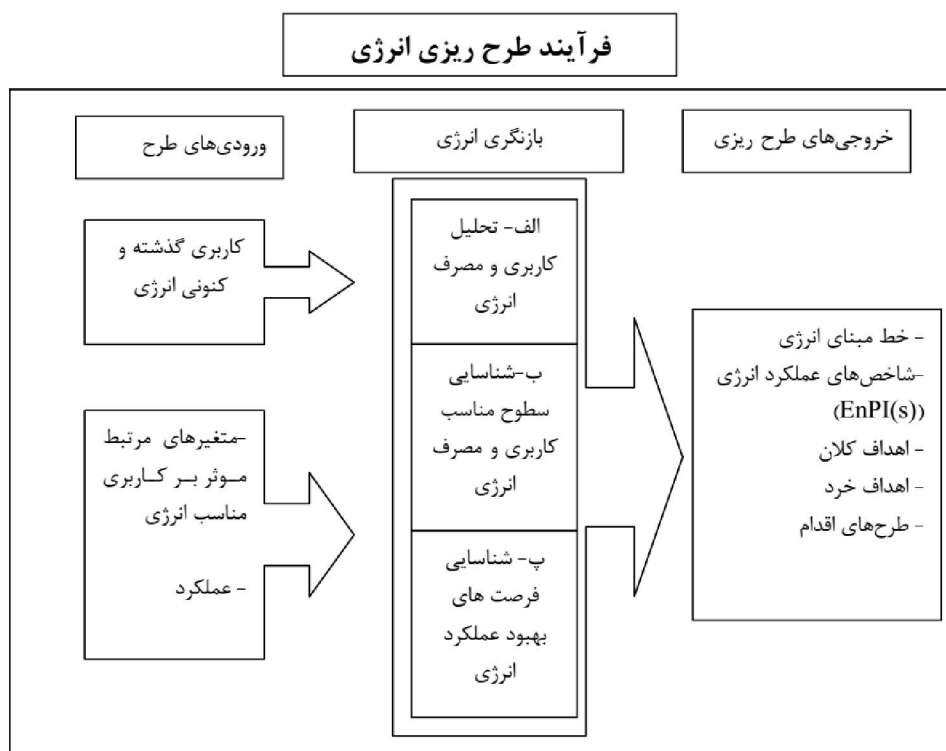
۱. سازمان باید دامنه کاربرد و مرز سیستم مدیریت انرژی را مشخص کند. همچنین برای سیستم مدیریت انرژی خود، سند و مدارک لازم تهیه کرده و آن را اجرا کند. نحوه‌ی برآورده‌ساختن الزامات نیز به عهده سازمان است.

۲. پشتیبانی از سیستم مدیریت انرژی و بهبود مداوم آن مانند اجرا خط‌مشی انرژی، تامین منابع لازم و آگاهی کارکنان از اهمیت آن، تولید گزارش در زمان‌های معین و ... جزو تعهدات مدیریت ارشد سازمان است.

۳. خط‌مشی انرژی جهت بهبود در عملکرد انرژی باید توسط مدیریت ارشد به‌صورت زیر تعریف شود.

- متناسب با مصرف انرژی سازمان باشد و به همه‌ی سطوح سازمان ابلاغ شده و باعث بهبود در عملکرد انرژی شود.
- مرتب و دوره‌ای بازنگری و به‌روز شود.
- دارای یک چهارچوب برای اهداف کلان و خرد انرژی سازمان باشد.

۴. طرح‌ریزی انرژی: سازمان براساس خط‌مشی انرژی باید برای انرژی یک طرح‌ریزی داشته‌باشد که باعث بهبود در عملکرد انرژی به طور پیوسته شود. در شکل ۳-۲ نمونه‌ای از یک طرح‌ریزی برای بهبود عملکرد انرژی نشان داده شده‌است.



شکل ۳-۲: یک نمونه از طرح ریزی برای بهبود عملکرد انرژی [۱]

همچنین سازمان باید الزامات قانونی و دیگر موارد در ارتباط با عملکرد انرژی به همراه نحوه‌ی کاربرد آن‌ها را مشخص، تهیه و اجرا کند. بازنگری انرژی و روش‌های انجام آن نیز از دیگر مواردی است که سازمان باید آن را تدوین کند. برای حصول این هدف باید موارد زیر را در نظر گرفت.

- شناسایی منابع موجود انرژی
 - ارزیابی از مصرف انرژی در زمان حال و گذشته
 - شناسایی موارد و متغیرهایی که بیشترین مصرف انرژی را به خود اختصاص می‌دهند یا بر آن اثر موثر دارند.
 - تخمین میزان مصرف انرژی در در زمان آینده
 - اولویت بندی موارد در بهبود عملکرد انرژی
- بعد از بازنگری در عملکرد انرژی، سازمان باید خط مبنای انرژی را تعیین کند. همانگونه که در پیش ذکر شد، خط مبنای انرژی جهت مقایسه عملکرد انرژی موجود بکار می‌رود.

۵. اجرا و عملیات: سازمان باید دارای کارکنانی باشد که نسبت به اهمیت مدیریت انرژی آگاه باشند. لذا آموزش به کارکنان جهت استفاده بهینه از انرژی و مدیریت آن از وظایف سازمان می‌باشد. بر این اساس لازم است که سازمان نیازهای آموزشی خود را شناسایی کند. همچنین باید بستری را جهت ارزیابی پیشنهاد از طرف افراد داخل و خارج سازمان برای مدیریت انرژی فراهم نماید.

۶. طراحی: بهینه‌سازی عملکرد انرژی در طراحی و نوسازی فرآیندها، امکانات، تجهیزات جدید و قدیم باید اعمال شود. نتایج کار باید ثبت و ضبط شوند.

۷. خرید محصولات، تجهیزات و انرژی: از خرید می‌توان به عنوان یک فرصت برای بهبود در عملکرد انرژی بهره برد. کیفیت انرژی، هزینه، اثرات زیست‌محیطی از عوامل تاثیرگذار بر خرید هستند.

۸. بررسی: بررسی در محورهای زیر انجام می‌شود.

- پایش، اندازه‌گیری و تحلیل: مواردی موثر بر عملکرد انرژی مانند مصارف و متغیرهای موثر بارز انرژی، شاخص‌ها، میزان واقعی مصرف در مقایسه با مقدار مورد انتظار باید در زمان معین پایش، اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل شوند.
- ارزیابی انطباق با الزامات قانونی و سایر الزامات
- ممیزی داخلی سیستم مدیریت انرژی: انجام ممیزی انرژی جهت انطباق سیستم مدیریت انرژی با این استاندارد و اهداف کلان و خرد و جهت بهبود در عملکرد انرژی در فواصل زمانی برنامه‌ریزی شده
- کنترل سوابق: جهت اثبات تطابق سیستم مدیریت انرژی سازمان با این استاندارد، سوابق لازم باید تهیه و نگهداری شوند.

۹. بازنگری مدیریت: مدیریت ارشد باید بازنگری‌های لازم جهت اطمینان از تداوم و اثر سیستم مدیریت انرژی در زمان‌های طرح ریزی شده، را انجام دهد. این کار می‌تواند از طریق بازنگری خط‌مش، عملکرد، شاخص‌های انرژی باشد. جهت نیل به این هدف می‌توان سایر موارد همچون ممیزی انرژی، دستیابی به اهداف و تطابق با الزامات قانونی را نیز در نظر گرفت. در نهایت نتیجه بازنگری باید موجب تغییر در عملکرد، سیاست‌ها، اهداف و ... سیستم مدیریت انرژی و تخصیص منابع شود.

۲.۳ مزایای سیستم مدیریت انرژی

از مزایای سیستم مدیریت انرژی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

- کاهش هزینه و افزایش سودآوری

تحقیقات کشورهای اروپایی مانند آلمان نشان داده که با شروع استفاده از سیستم مدیریت انرژی در سال اول، می‌توان ۱۰٪ در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرد. همچنین با استفاده از سیستم تهویه هوا، سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی و ... می‌توان از ۵ تا ۵۰ درصد در یک دوره ۲ ساله بازگشت سرمایه، کاهش مصرف انرژی داشت.

- عدم تخریب بیشتر محیط زیست

با کاهش مصرف انرژی مانند سوخت‌های فسیلی می‌توان از افزایش بی‌رویه گازهای گلخانه‌ای و اثرات مضر آن جلوگیری کرد.

- افزایش اعتبار سازمان

پیاده سازی سیستم مدیریت انرژی، حساسیت سازمان به کاهش مصرف انرژی و اثرات مضر آن را به عموم و به خصوص دوست‌داران محیط زیست نشان می‌دهد. این کار اعتبار سازمان را بالا می‌برد.

۳.۳ نمونه‌های عملی از نتیجه پیاده‌سازی استاندارد ISO ۵۰۰۰۱

در ادامه به بررسی نتایج چند نمونه عملی از پیاده‌سازی استاندارد ISO ۵۰۰۰۱ در صنایع مختلف و تاثیر آن بر مصرف انرژی و میزان هزینه‌ها پرداخته می‌شود.

- بهینه سازی ژنراتورهای دیزلی در تاسیسات صنعتی کشور چین

در چند سال اخیر در تاسیسات صنعتی کشور چین به دلیل قطع دوره‌ای برق، معمولاً از ژنراتورهای دیزلی استفاده می‌شود. جهت تامین برق لازم، به حجم زیادی از سوخت نیاز می‌باشد که سوختن ناقص و کاهش بازده انرژی را در پی دارد. راه‌حل این موضوع استفاده از دستگاه جدید جهت شکستن ذرات بزرگ سوخت است که موجب احتراق کامل خواهد شد. نتیجه استفاده از این تکنولوژی جدید، کاهش ۱۳-۵ درصدی مصرف سوخت و بازگشت سرمایه در حدود یک سال بود.

- استفاده از دور متغیر در پمپ‌های آب چیلر مرکزی

به‌طور کلی سیستم خنک‌کننده مرکزی براساس بیشترین مقدار بار سرمایشی و مقداری اضافه طراحی می‌شوند. اما در اکثر موارد، نیازی به استفاده از حداکثر ظرفیت سرمایش سیستم نیست، در غیر این صورت اتلاف انرژی زیاد خواهد بود. راه‌حل، استفاده از سیستم دور متغیر پمپ‌های چیلر و یک سیستم اندازه‌گیری مشخصات سیستم تهویه مطبوع (دما، بار حرارتی و ...) است. لذا در زمانی که بار حرارتی واقعی کم است، دبی آب پمپ‌ها کمتر خواهد شد و برعکس. لذا در مصرف انرژی صرفه‌جویی می‌شود. مزیت این کار کاهش مصرف برق بین ۵۳ تا ۸۱ درصد و بازگشت سرمایه بین ۳ تا ۲۱ ماه است.

- استفاده از لامپ LED به جای لامپ فلورسنت معمولی

روشنایی معمولاً بین ۱۰ تا ۱۵ درصد مصرف کل انرژی کارخانه را به خود اختصاص می‌دهد. لامپ‌های LED در مقابل تکان و ضربه دارای مقاومت خوبی بوده و ۸۰ تا ۹۰ درصد برق مصرفی را به روشنایی تبدیل می‌کنند. در صورتی که این نسبت برای لامپ‌های فلورسنت معمولی در حدود ۲۰ درصد است. همچنین عمر مفید این لامپ‌ها بیشتر است. جایگزینی لامپ LED با فلورسنت معمولی ۷۶-۳۰ درصد در مصرف انرژی صرفه‌جویی می‌کند و دوره بازگشت سرمایه ۱ تا ۲ سال خواهد بود.

- تنظیم دمای اتاق در یک سیستم تهویه مطبوع

معمولاً در تابستان به دلیل گرمای هوا، دمای اتاق روی یک مقدار خیلی کم تنظیم می‌شود. اما اگر بتوان به‌طور پیوسته دمای اتاق را کنترل کرد و دما را روی یک مقدار معقول مثلاً 25°C ثابت کرد، در مصرف انرژی صرفه‌جویی خواهد شد. هر واحد افزایش دمای اتاق می‌تواند ۱.۵ درصد در مصرف انرژی سیستم تهویه مطبوع صرفه‌جویی کند. به‌طور کلی با ثابت نگه داشتن دما در حدود 25°C ، میزان مصرف انرژی ۲ تا ۱۰ درصد کاهش می‌یابد.

- تعمیر و نگهداری و تمیز کردن منظم فیلترهای هوا

فیلترهای سیستم تهویه مطبوع جهت کاهش ذرات معلق در هوا بکار گرفته می‌شوند. اما با گذشت زمان، فیلترها کثیف شده و نیاز به تمیز کردن یا تعویض دارند. این کار موجب کاهش ۲۰-۵ درصدی مصرف انرژی فن‌های سیستم تهویه مطبوع و بهبود کیفیت هوای داخل می‌شود.

۴.۳ مراجع

- [۱] سازمان ملی استاندارد ایران، "سیستم‌های مدیریت انرژی-الزامات همراه با راهنمای استفاده" چاپ اول.

۴ طراحی سایه بان ترانس حفاظت کاتدیک

پوشش‌ها (سایه بان) شیب‌دار معمولاً روی خرپاهای فلزی یا چوبی قرار می‌گیرند. علاوه بر خرپا در برخی از موارد ممکن است این پوشش‌ها روی سقف‌های بتنی شیب‌دار و یا طاق ضربی نیز قرار گیرند. این پوشش‌ها می‌توانند با شیب یک‌طرفه، دوطرفه و یا به صورت دندان‌دار باشند که نوع آخر بیشتر در کارخانجات کاربرد دارد. به‌طور کلی پوشش‌های شیب‌دار می‌توانند از انواع مصالح که اهم آن‌ها به شرح زیر است، تشکیل شده باشند.

- ورق‌های آلومینیوم با موج سینوسی یا دوزنقه‌ای
- ورق‌های فولادی (ورق‌های فولادی گالوانیزه با موج ریز یا درشت سینوسی و دوزنقه‌ای، ورق‌های فولادی گالوانیزه صاف، ورق‌های فولادی با پوشش پلاستیک و ...)
- انواع پوشش‌های چوبی
- پوشش‌های سفالی
- پوشش با ورق‌های پلاستیکی شفاف

با توجه به جغرافیای مکان نصب ترانس‌ها، سایه بان‌های مورد طراحی، از خرپاهای فلزی و ورق‌های گالوانیزه‌ی با موج سینوسی انتخاب شده است. همچنین این ورق‌ها به صورتی روی سازه قرار می‌گیرند که شیب آن‌ها یک‌طرفه است. اجزا مختلف تشکیل‌دهنده سایه بان مورد طراحی شامل موارد زیر است.

- پروفیل‌های قوطی با مقطع مستطیل برای سقف و با مقطع مربع برای پایه‌های سازه
- ورق‌های گالوانیزه‌ی کرکره‌ای سینوسی به منظور پوشاندن سقف و دیواره‌ها
- پیچ خودکار و واشر برای نصب ورق‌ها روی سازه

خرپای فلزی پس از ساخت، باید به نحو مناسبی رنگ‌آمیزی شود. در سقف‌های با خرپای فلزی، باید خرپاها لاقل در یک طرف کاملاً با کلاف بتن‌آرمه بسته شوند. ورق‌های موجدار گالوانیزه به‌شکلی روی هم قرار می‌گیرند که در جهت موج و راستای عمود بر آن، همپوشانی لازم را داشته‌باشند. همپوشانی در جهت موج برابر ۱، ۱/۵ یا ۲ موج می‌باشد. بدین ترتیب که در محل‌های سرپوشیده محفوظ، برابر ۱ موج و در مناطق نسبتاً آرام جوی، ۱/۵ موج و در نقاطی که دارای شرایط جوی شدید و غیر عادی باشند، مقدار همپوشانی برابر ۲ موج می‌باشد. همپوشانی تابع عوامل جوی و شیب سقف است. حداقل همپوشانی برابر ۱۰ و حداکثر آن معادل ۲۵ سانتیمتر است. در جدول ۴-۱ میزان هم‌پوشانی ورق‌های گالوانیزه بر اساس نوع کاربرد نشان داده شده‌است.

جدول ۴-۱: میزان هم‌پوشانی ورق‌های گالوانیزه

نوع کاربرد	مقدار هم‌پوشانی (سانتیمتر)	توضیحات
دیواره‌های عمودی	۱۰	-
سقف با شیب بیشتر از ۳۶٪	۱۵	-
سقف با شیب کمتر از ۳۶٪	۲۰-۲۵	استفاده از خمیر آب‌بند ضروری

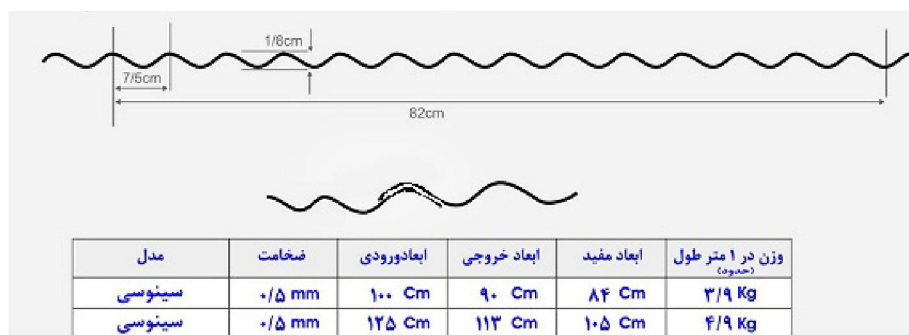
برای نصب ورق‌های موج‌دار می‌توان از پیچ خودکار استفاده نمود. فاصله گیره‌ها برای وصل ورق‌ها به لایه‌ها از یکدیگر، نباید از ۵۰ سانتیمتر تجاوز نماید. گیره‌ها باید در رأس موج‌ها نصب گردند.

قوطی‌های استفاده شده در این تحلیل سه نوع می‌باشند. قوطی‌های با مقطع $50 \times 30 \times 2/6 \text{ mm}^3$ ، $60 \times 40 \times 3/2 \text{ mm}^3$ و $40 \times 40 \times 4 \text{ mm}^3$ که دو مورد اول برای سازه‌ی سقفی و آخری جهت پایه‌های سازه مورد استفاده قرار گرفته‌است. مشخصات مکانیکی این دو پروفیل مطابق جدول ۴-۲ می‌باشد.

جدول ۴-۲: مشخصات پروفیل‌های مورد استفاده در تحلیل

ابعاد	ضخامت	جرم بر واحد طول	مساحت	ممان دوم سطح	ممان دوم سطح	ضریب پواسون	ضریب پواسون	مدول مقطع الاستیک	مدول مقطع الاستیک	مدول مقطع پلاستیک	مدول مقطع پلاستیک	ثابت اینرسی پیچشی	ثابت مدول پیچشی	مساحت سطح بیرونی (بر واحد طول)
BxH	T	M	A	I _{yy}	I _{zz}	i _{yy}	i _{zz}	W _{yy}	W _{zz}	W _{yy}	W _{zz}	L _t	C _t	A _s
mm*mm	mm	Kg/m	Cm ²	Cm ⁴	Cm ⁴	Cm	Cm	Cm ³	Cm ³	Cm ³	Cm ³	Cm ⁴	Cm ³	m ² /m
۵۰×۳۰	۲/۶	۲/۸۲	۳/۵۹	۱۱/۳	۵/۰۵	۱/۷۷	۱/۱۹	۴/۵۲	۳/۳۷	۵/۷	۳/۹۸	۱۱/۷	۵/۷۲	۰/۱۵۱
۴۰×۴۰	۴	۴/۲	۵/۳۵	۱۱/۱	۱۱/۱	۱/۴۴	۱/۴۴	۵/۵۴	۵/۵۴	۷/۰۱	۷/۰۱	۱۹/۴	۸/۴۸	۰/۱۴۶
۶۰×۴۰	۳/۲	۴/۲۵	۵/۴۱	۲۵/۴	۱۳/۴	۲/۱۷	۱/۵۸	۸/۴۶	۶/۷۲	۱۰/۵	۷/۹۴	۲۹/۳	۱۱/۲	۰/۱۹۰

ورق‌های گالوانیزه‌ی استفاده شده، از نوع موج‌دار سینوسی بوده که معمولاً با عرض‌های ۱ و ۱/۲۵ متری در بازار موجود می‌باشند. ضخامت‌های متفاوتی از این ورق‌ها در بازار موجود است. ضخامت در نظر گرفته شده در تحلیل‌ها ۰/۵ میلی‌متر می‌باشد. همچنین طول‌های متفاوتی از این ورق موجود است که عموماً از ورق‌های با طول ۶ متر به منظور یک‌تکه بودن ورق به کار رفته استفاده می‌شود. به منظور استحکام هرچه بهتر سقف‌ها باید سعی شود که ورق‌ها به صورت یکپارچه مورد استفاده قرار گیرند و از همپوشانی در جهت عمود بر موج پرهیز شود. با توجه به همپوشانی در جهت موج، عرض مفید ورق‌ها پس از کار گذاشتن با عرض اسمی اولیه متفاوت است. عرض مفید این ورق‌ها را می‌توان در شکل ۴-۱ مشاهده نمود. در این شکل ابعاد ورودی همان عرض ورق صاف و ابعاد خروجی عرض ورق پس از موج‌دار شدن زیر دستگاه پرس می‌باشد. قرار دادن ورق‌ها روی سازه با توجه به عرض مفید آن‌ها صورت می‌گیرد.



شکل ۴-۱: عرض مفید و وزن ورق‌های موج‌دار گالوانیزه

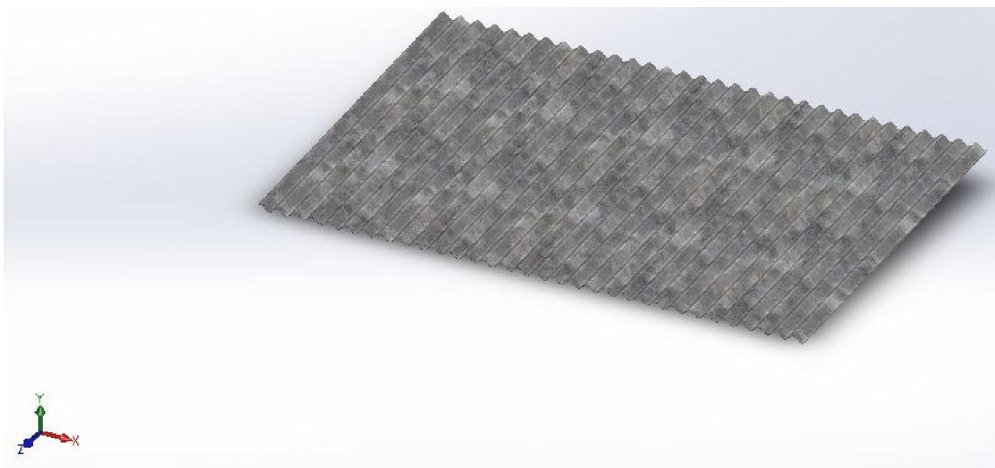
از آنجا که برای اتصال ورق‌ها روی سازه‌ی سقفی امکان بستن پیچ و مهره وجود ندارد به طور معمول با استفاده از پیچ‌های خودکار نوک‌مته‌ای این ورق‌ها به پروفیل‌های قوطی بسته می‌شوند. در هر مقطع تماس ورق با سطح قوطی‌های پروفیل سقفی، سه پیچ بسته می‌شود که دو پیچ ابتدایی و انتهایی، متصل‌کننده دو ورق مجاور (که همپوشانی شده‌اند) می‌باشد. پیچ سوم در وسط عرض ورق بسته می‌شود. پیچ M۶ با کلاس ۵/۸ برای این کار مناسب می‌باشد.

مدل سازه‌های مورد نظر توسط نرم‌افزار Solidworks طراحی شده و تحلیل و بررسی تحت بار دینامیکی نیز توسط ابزارهای FlowSimulation و Simulation موجود در محیط این نرم‌افزار انجام گرفته است. نرم‌افزار Flow simulation یکی از زیر مجموعه‌های نرم‌افزار Solidworks می‌باشد که به بررسی و تحلیل حرکت سیال (مایع یا گاز) در اطراف یا داخل یک قطعه می‌پردازد. در این نرم‌افزار کاربر قادر به شبیه‌سازی سه‌بعدی سیال و جریان آرام یا آشفته در اطراف یک جسم ثابت یا چرخان می‌باشد. نرم‌افزار Simulation نیز به تحلیل المان محدود قطعات طراحی شده در نرم‌افزار،

تحت بارهای استاتیکی و دینامیکی می‌پردازد. سازه‌ها طی دو مرحله مدل‌سازی شده‌اند. در مرحله اول، سازه در محیط نرم‌افزار طراحی شده و پس از تکمیل این قسمت از طریق نوار ابزار Weldments پروفیل‌های قوطی به یکدیگر جوش می‌شوند. جوش‌های استفاده شده از نوع لب‌به‌لب با ضخامت گلویی $0/7$ سانتی‌متر می‌باشند.

طراحی و مدل‌سازی سازه‌ها براساس جهت تابش نور خورشید و ساختمان‌های مجاور سازه صورت پذیرفته است. در اکثر موارد بنا به تابش مستقیم خورشید به اجبار علاوه بر سقف، یک جنب از سایه‌بان طراحی شده باید توسط ورق‌های گالوانیزه پوشانده شود. با استفاده از ابزار FlowSimulation مدل پوشش روی سقف و دیواره‌ها درون تونل باد قرار داده شد. سرعت باد در جهتی قرار داده شد که به صورت مستقیم به ورق پوشاننده‌ی سقف برخورد نماید. با مراجعه به سایت هواشناسی، بیشترین سرعت باد در شهر اهواز در حدود 14m/s است. لذا جهت افزایش ضریب اطمینان، باد با سرعت 20m/s و رطوبت نسبی 100% در نظر گرفته شد. همچنین جریان به صورت آشفته و آرام در نظر گرفته شده است.

فرآیند محاسبات FlowSimulation معمولاً بسیار طولانی است. به همین دلیل به جای مدل‌کردن تمام پوشش‌های روی سقف و دیواره‌ها فقط دو مدل بررسی شد و نتایج حاصل از این دو مدل در تحلیل بارگذاری سازه اعمال شد. در شکل ۴-۲ نحوه‌ی قرارگیری سایه‌بان و محورهای مختصات در نرم‌افزار نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود، محور عمودی y در خلاف جهت گرانش و دو محور x و z افقی می‌باشند.



شکل ۴-۲: نحوه‌ی قرارگیری سایه‌بان و محورهای مختصات در نرم‌افزار Solidworks

در مدل اول، باد در جهت x و در مدل دوم باد در جهت z روی سقف دو متر مربعی با شیب ۸ درجه اعمال شد. نتایج حاصل از این مدل‌سازی را می‌توان در جدول ۴-۳ مشاهده نمود.

جدول ۴-۳: نیروی وارد بر صفحه‌ی $2 \times 1 \text{ m}^2$ موج‌دار سینوسی با شیب ۸ درجه قرار گرفته در جهت باد 20 m/s

Name	$V_x=20 \text{ m/s}$	$V_z=20 \text{ m/s}$	واحد	مقدار	مقدار متوسط	کمترین مقدار	بیشترین مقدار
F_x	۸۰	۰	N	۸۶	۸۴/۶۴۷	۷۹/۰۱۳	۸۶/۰۳۵
F_y	۱۱۵	۲۱۴					
F_z	۱۲	۳۷	N	۳۳/۴۶۶	۳۳/۴۷۸	۳۳/۳۷۱	۳۳/۶۷۸
نیروی برآیند	۱۴۰	۲۱۷					

همانگونه که مشاهده می‌شود نیروهای وارده در جهت x و z، مقدار نسبتاً کمی دارند. لذا جهت طراحی بهینه، روی هر یک از تیرهای سقفی و دیواری نیروهای $F_x=100$ و $F_z=50$ نیوتن در نظر گرفته شد. مدل دوم شامل نیروی باد با سرعت 20 m/s روی ورق دو متر مربعی و به صورت عمودی روی آن است. در این حالت نیروی درگ با توجه به رابطه‌ی (۴-۱) قابل محاسبه است.

$$F_D = \frac{1}{2} \rho C_D V^2 A \quad (4-1)$$

که برای صفحه‌ی تخت عمود بر جریان، ضریب درگ برابر $1/0.5$ و چگالی هوا $1/225$ است. نیروهای حاصل از نیروی باد و وزن سازه در جدول ۴-۴ آمده است.

جدول ۴-۴: نیروهای حاصل از وزن و باد روی سازه (بر حسب نیوتن)

سازه	وزن ورق	وزن قوطی	نیروی باد عمودی	وزن ورق	وزن قوطی	نیروی باد عمودی
	سقف	سقفی	روی سقف	دیوار	دیواری	روی دیوار
CGS شرق	۳۷۳/۶۹	۶۴۲/۷۵	۲۵۱۲/۷	۲۵۴/۸	۴۵۷/۳	۱۷۳۳/۳
نیروگاه زرگان	۲۲۲/۵۲	۲۳۸/۹۷	۱۴۹۶/۲	۱۸۶	۳۳۳/۷	۱۲۵۰/۲

جدول ۲-۴ (ادامه): نیروهای حاصل از وزن و باد روی سازه (بر حسب نیوتن)

کورش	۸۳۳/۴۲	۶۳۹/۷۶	۵۶۰۳/۹	۰	۰	۰
نیوسایت	۳۹۰/۷۲	۳۴۶/۸۸	۲۶۲۷/۲	۰	۰	۰
پارک علامه	۳۹۰/۷۲	۳۴۶/۸۸	۲۶۲۷/۲	۰	۰	۰
استخر آزادی	۲۵۲/۸۲	۲۲۴/۴۵	۱۷۰۰	۱۵۱/۵	۱۶۸/۳	۱۰۱۸/۷
TBS نبوت	۵۰۶/۳۶	۴۴۸/۹۰	۳۴۰۳/۷	۰	۰	۰
فاز ۲ پادادشهر	۲۷۷/۸۷	۲۹۵/۸۶	۱۸۶۸/۴	۱۷۰/۴۵	۲۰۶/۶	۱۱۴۶

علاوه بر نیروهای حاصل از باد، برای روی سقف، مجموع نیروی حاصل از تحمل وزن دو فرد بالغ معادل با ۱۵۰ کیلوگرم نیز در نظر گرفته شده است. همچنین با توجه به وزن ورق‌ها، نیروهای معادل با آنها با توجه به شکل ۴-۱ اعمال گردید. پس از اعمال نتایج تحلیل FlowSimulation در قسمت Solidworks Simulation، با اعمال قیدهای ستون‌های برابر سازه و ایجاد مش‌بندی به صورت اتوماتیک، نتایج تحلیل تنش حاصل می‌شوند.

معیار وون مایز^۵ متداول‌ترین معیار تسلیم مواد است که بر انرژی تغییر شکل در ماده مفروض مبتنی است. بر اساس معیار وون مایز قطعه زمانی سالم می‌ماند که تنش وون مایز از حد تسلیم فراتر نرود. معیار وون مایز نزدیک‌ترین معیار تسلیم به مدل واقعی، و مطمئن‌ترین معیار طراحی می‌باشد. به همین دلیل برای بررسی اثر بارگذاری سازه از این معیار استفاده شد. در ادامه به بررسی طراحی ۸ سایه‌بان واقع در ناحیه شرق اهواز پرداخته می‌شود.

^۵ Von mises

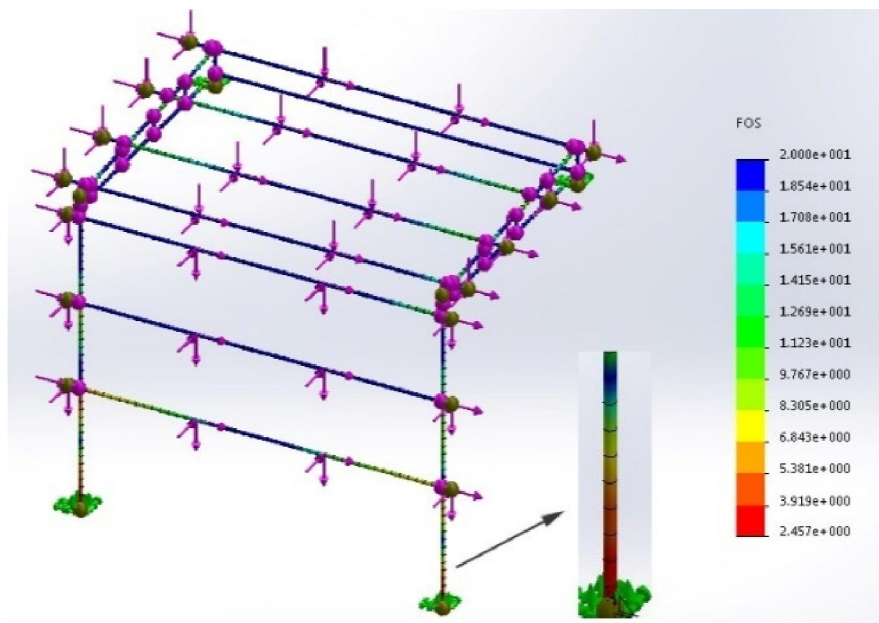
۱.۴ سایه بان CGS شرق

یک طرف سازه روی دیوار قرار گرفته و طرف دیگر روی پایه‌ها قرار می‌گیرد. در جلوی سازه، روی قوطی‌های افقی برای جلوگیری از تابش نور یک ورق با عرض یک متر (لب‌به‌لب با سقف) روی سازه قرار خواهد گرفت. مجموعه‌ی نیروهای اعمالی روی سازه مطابق جدول ۴-۵ می‌باشند.

جدول ۴-۵: نیروهای حاصل از وزن و باد روی سازه (سایه بان CGS شرق)

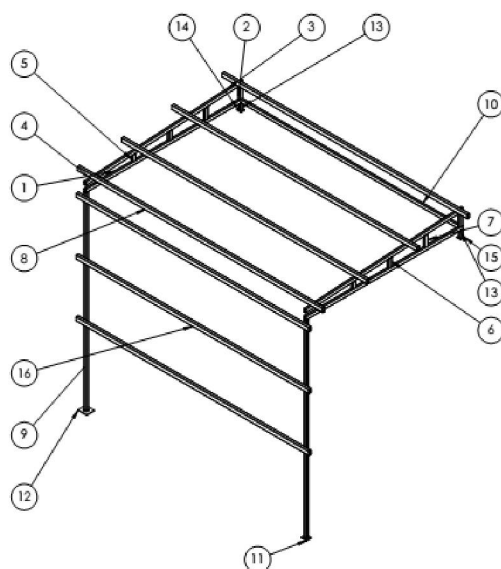
محل اعمال نیرو	تیرهای سقفی (N)	تیرهای دیواره (N)
	-۳۵۲۹/۱۵	-۷۱۲/۱۴
	-۱۰۰	-۱۷۳۳/۳
	-۲۰۰	-۲۰۰

در شکل ۴-۳ و شکل ۴-۴ به ترتیب نمودار ضریب اطمینان و ابعاد سازه نشان داده شده‌است.

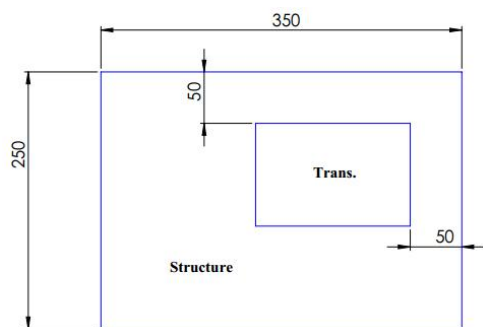


شکل ۴-۳: نمودار ضریب اطمینان (سایه بان CGS شرق)

ITEM NO.	QTY.	DESCRIPTION	LENGTH
1	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	250
2	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	19.99
3	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	250.45
4	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	6.34
5	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	9.79
6	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	13.24
7	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	16.69
8	4	TUBE, RECTANGULAR 6 X 4 X 0.32	390
9	2	TUBE, SQUARE 4 X 4 X 0.40	300
10	1	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	347
11	1		
12	1		
13	2	TUBE, SQUARE 4 X 4 X 0.40	10
14	1		
15	1		
16	3	TUBE, RECTANGULAR 6 X 4 X 0.32	370



شکل ۴-۴: ابعاد سازه سایه‌بان پیشنهادی CGS شرق (سانتیمتر)



شکل ۴-۵: نمای بالا از نحوه‌ی قرارگیری سایه‌بان پیشنهادی CGS شرق (ابعاد بر حسب سانتیمتر)

همان‌گونه که مشاهده می‌شود حداقل ضریب اطمینان قطعه در نقطه‌ی بحرانی برابر ۲/۴۵۷ است که یک ضریب اطمینان خوب برای طراحی محسوب می‌شود.

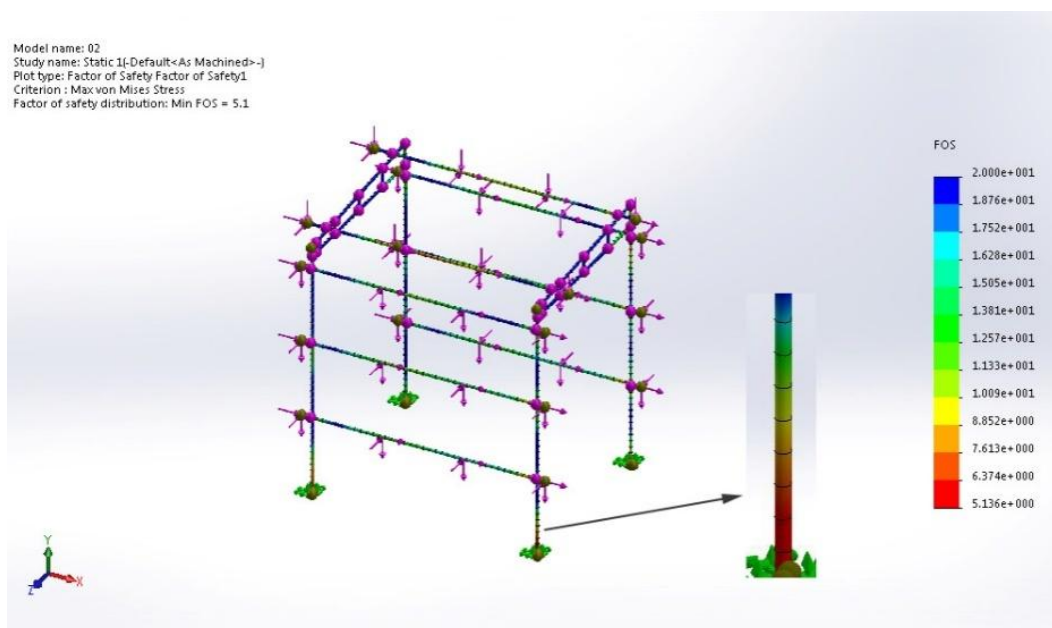
۲.۴ سایه بان نیروگاه زرگان

به دلیل تابش آفتاب علاوه بر سقف، روی قوطی‌های افقی در جلوی سازه دو ورق به عرض یک متر و در پشت آن یک ورق به عرض یک متر (لب‌به‌لب با سقف) قرار می‌گیرد. مجموعه‌ی نیروهای اعمالی روی سازه مطابق جدول ۶-۴ می‌باشند.

جدول ۶-۴: نیروهای حاصل از وزن و باد روی سازه (سایه بان نیروگاه زرگان)

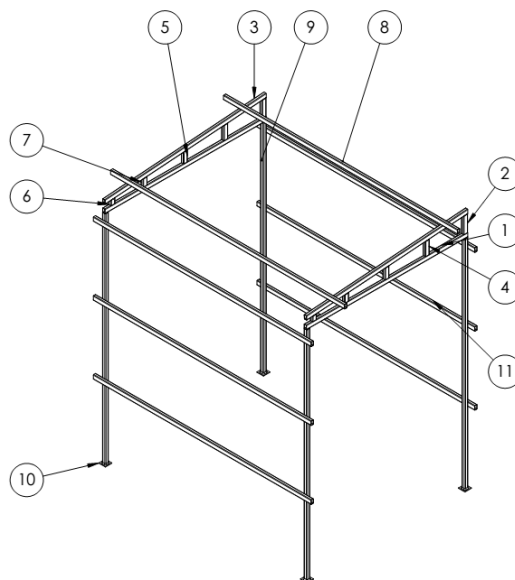
محل اعمال نیرو	تیرهای سقفی (N)	تیرهای دیواره (N)
	-۱۹۵۷/۷	-۱۰۳۹/۳۴
	-۲۰۰	-۲۵۰۰/۴۷
	-۲۰۰	-۶۰۰

در شکل ۶-۴ و شکل ۷-۴ به ترتیب نمودار ضریب اطمینان و ابعاد سازه نشان داده شده‌است.



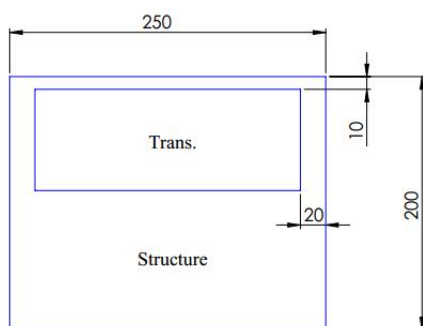
شکل ۶-۴: نمودار ضریب اطمینان (سایه بان نیروگاه زرگان)

ITEM NO.	QTY.	DESCRIPTION	LENGTH
1	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	200
2	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	19.99
3	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	200.56
4	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	16.42
5	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	12.67
6	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	5.92
7	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	8.92
8	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	290
9	4	TUBE, SQUARE 4 X 4 X 0.40	270
10	4		
11	6	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	270



شکل ۴-۷: ابعاد سازه سایه‌بان پیشنهادی نیروگاه زرگان (سانتیمتر)

در شکل ۴-۸ نمایشی از ترانس واقع در نیروگاه زرگان و شماتیک سایه‌بان آن مشاهده می‌شود.



شکل ۴-۸: نمای بالا از نحوه‌ی قرارگیری سایه‌بان پیشنهادی نیروگاه زرگان (ابعاد بر حسب سانتیمتر)

همان‌گونه که مشاهده می‌شود حداقل ضریب اطمینان قطعه در نقطه‌ی بحرانی برابر ۵.۱۳۶ است که یک ضریب اطمینان عالی برای طراحی محسوب می‌شود.

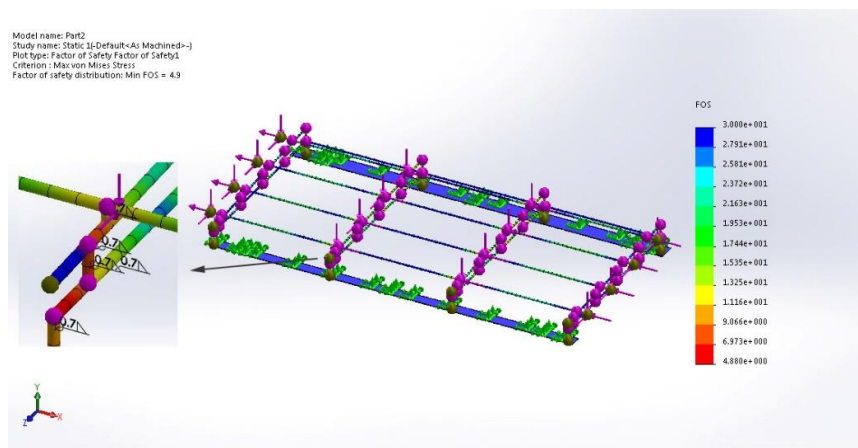
۳.۴ سایه بان منطقه کوروش

سازه‌ی طراحی شده روی سقف قفسه‌ی موجود قرار می‌گیرد. سطحی از قفسه نیز که پشت تابلو ترانس قرار دارد باید پوشانده شود. مجموعه‌ی نیروهای اعمالی روی سازه مطابق جدول ۴-۷ می‌باشند.

جدول ۴-۷: نیروهای حاصل از وزن و باد روی سازه (سایه بان منطقه کوروش)

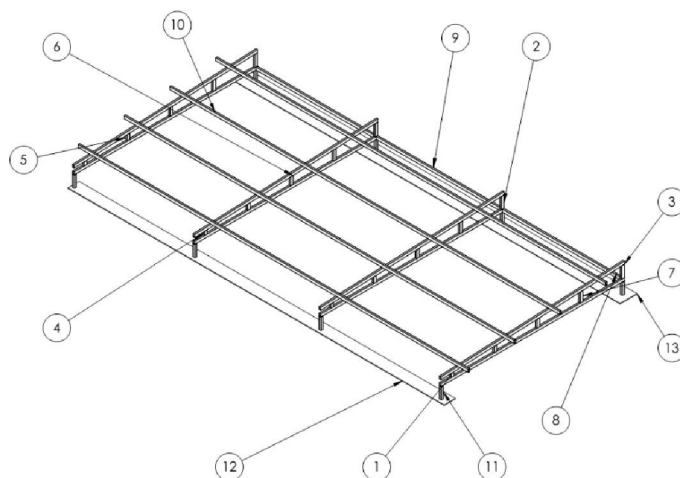
محل اعمال نیرو	تیرهای سقفی (N)	تیرهای دیواره (N)
	-۷۱۳۱/۰۷	۰
	-۶۰۰	۰
	-۸۰۰	۰

در شکل ۴-۹ و شکل ۴-۱۰ به ترتیب نمودار ضریب اطمینان و ابعاد سازه نشان داده شده‌است.



شکل ۴-۹: نمودار ضریب اطمینان (سایه بان منطقه کوروش)

ITEM NO.	QTY.	DESCRIPTION	LENGTH
1	4	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	320
2	4	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	19.99
3	4	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	320.35
4	4	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	6.05
5	4	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	9.56
6	4	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	13.08
7	4	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	16.6
8	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	207
9	1	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	217
10	4	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	680
11	8	TUBE, SQUARE 4 X 4 X 0.40	20
12	1		
13	1		



شکل ۴-۱۰: ابعاد سازه سایه بان پیشنهادی منطقه کوروش (سانتیمتر)

در شکل ۴-۱۱ نمایی از ترانس واقع در منطقه کوروش مشاهده می‌شود.



شکل ۴-۱۱: محفظه ترانس حفاظت کاتدیک منطقه کوروش

همان‌گونه که مشاهده می‌شود حداقل ضریب اطمینان قطعه در نقطه‌ی بحرانی برابر ۴/۸۸ است که یک ضریب اطمینان عالی برای طراحی محسوب می‌شود.

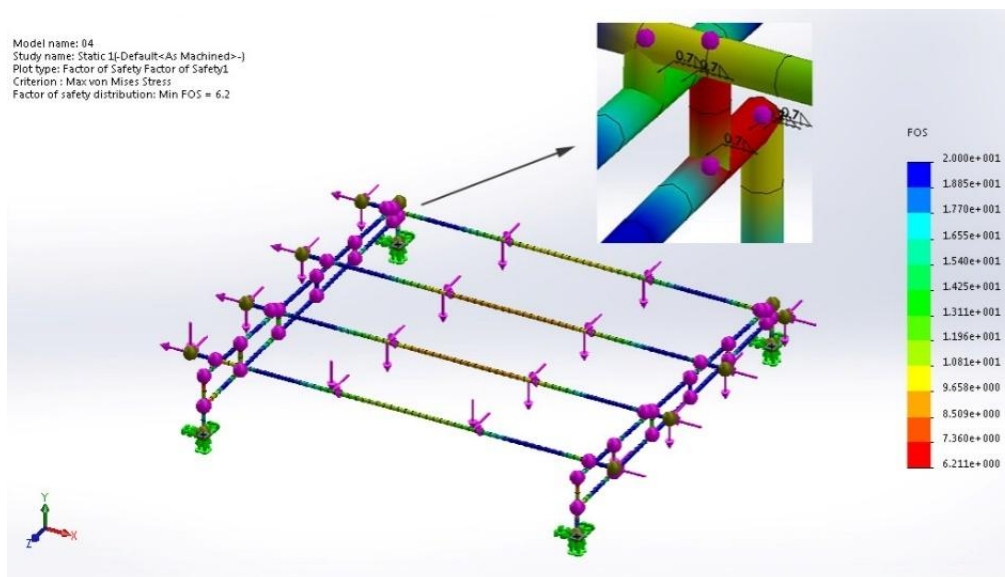
۴.۴ سایه‌بان منطقه نیوسایت

به دلیل وجود قفسه فلزی، فقط قسمت بالایی سازه لازم است ساخته شود. پایه‌های سازه همان پایه‌های قفسه‌ی تعبیه شده در محل می‌باشند. مجموعه‌ی نیروهای اعمالی روی سازه مطابق جدول ۴-۸ می‌باشند.

جدول ۴-۸: نیروهای حاصل از وزن و باد روی سازه (منطقه نیوسایت)

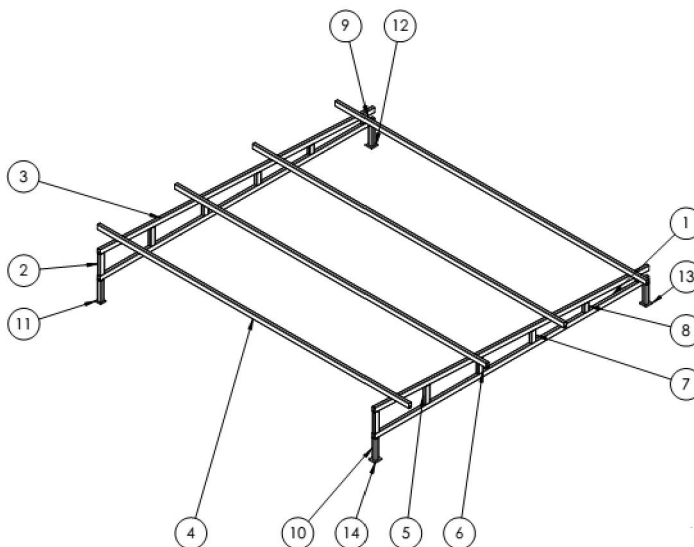
محل اعمال نیرو	تیرهای سقفی (N)	تیرهای دیواره (N)
	-۳۳۶۴/۸	۰
	-۲۰۰	۰
	-۴۰۰	۰

در شکل ۴-۱۲ و شکل ۴-۱۳ به ترتیب نمودار ضریب اطمینان و ابعاد سازه نشان داده شده‌است.



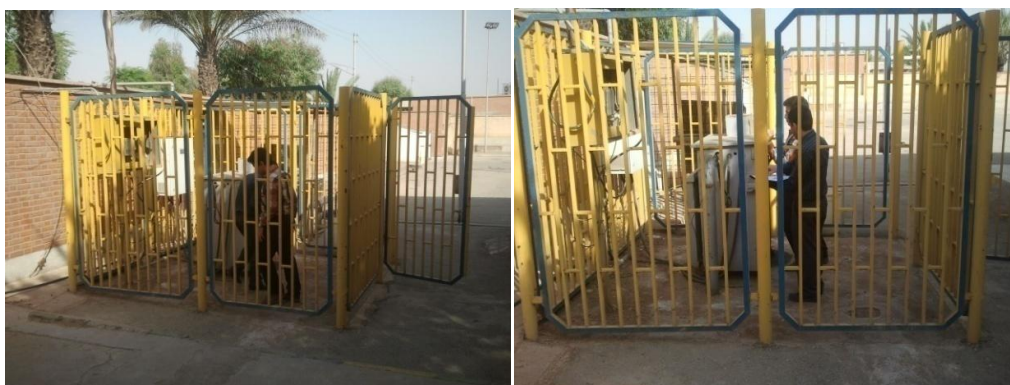
شکل ۴-۱۲: نمودار ضریب اطمینان (سایه‌بان منطقه نیوسایت)

ITEM NO.	QTY.	DESCRIPTION	LENGTH
1	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	300
2	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	19.99
3	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	300.37
4	4	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	340
5	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	17.22
6	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	14.32
7	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	11.42
8	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	8.52
9	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	5.62
10	4	TUBE, SQUARE 4 X 4 X 0.40	20
11	1		
12	1		
13	1		
14	1		



شکل ۴-۱۳: ابعاد سازه سایه بان پیشنهادی منطقه نیوسایت (سانتیمتر)

در شکل ۴-۱۴ نمایی از ترانس واقع در منطقه نیوسایت مشاهده می‌شود.



شکل ۴-۱۴: محفظه ترانس حفاظت کاتدیک منطقه نیوسایت

همان‌گونه که مشاهده می‌شود حداقل ضریب اطمینان قطعه در نقطه‌ی بحرانی برابر ۶/۲۱۱ است که یک ضریب اطمینان خوب برای طراحی محسوب می‌شود.

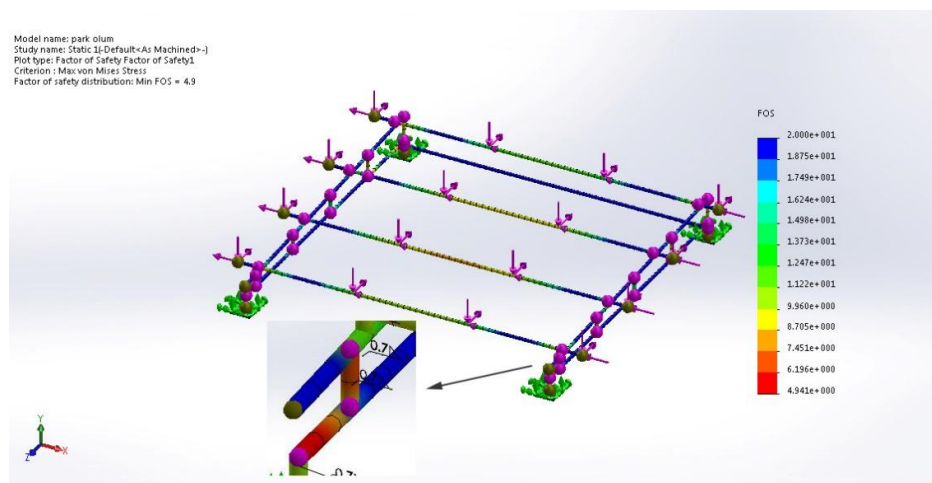
۵.۴ سایه بان پارک علامه

سازه‌ی طراحی شده باید روی قفسه‌ی موجود در محل قرار گیرد. پایه‌های مدل شبیه‌سازی شده همان ستون‌های قفسه هستند. مجموعه‌ی نیروهای اعمالی روی سازه مطابق جدول ۴-۹ می‌باشند.

جدول ۴-۹: نیروهای حاصل از وزن و باد روی سازه (سایه بان پارک علامه)

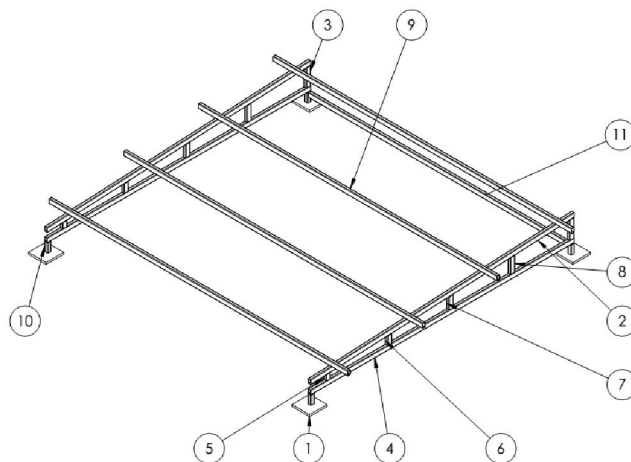
محل اعمال نیرو	تیرهای دیواره (N)	تیرهای سقفی (N)
	۰	-۳۳۶۴/۸۴
	۰	-۲۰۰
	۰	-۴۰۰

در شکل ۴-۱۵ و شکل ۴-۱۶ به ترتیب نمودار ضریب اطمینان و ابعاد سازه نشان داده شده‌است.



شکل ۴-۱۵: نمودار ضریب اطمینان (سایه بان پارک علامه)

ITEM NO.	QTY.	DESCRIPTION	LENGTH
1	4		
2	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	300.37
3	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	19.99
4	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	300
5	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	6.12
6	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	9.62
7	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	13.12
8	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	16.62
9	4	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	340
10	4	TUBE, SQUARE 4 X 4 X 0.40	10
11	1	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	296



شکل ۴-۱۶: ابعاد سازه سایه بان پیشنهادی پارک علامه (سانتیمتر)

در شکل ۴-۱۷ نمایی از ترانس واقع در پارک علامه مشاهده می‌شود.



شکل ۴-۱۷: محفظه ترانس حفاظت کاتدیک پارک علامه

همان‌گونه که مشاهده می‌شود حداقل ضریب اطمینان قطعه در نقطه‌ی بحرانی برابر ۴/۹۴۱ است که یک ضریب اطمینان عالی برای طراحی محسوب می‌شود.

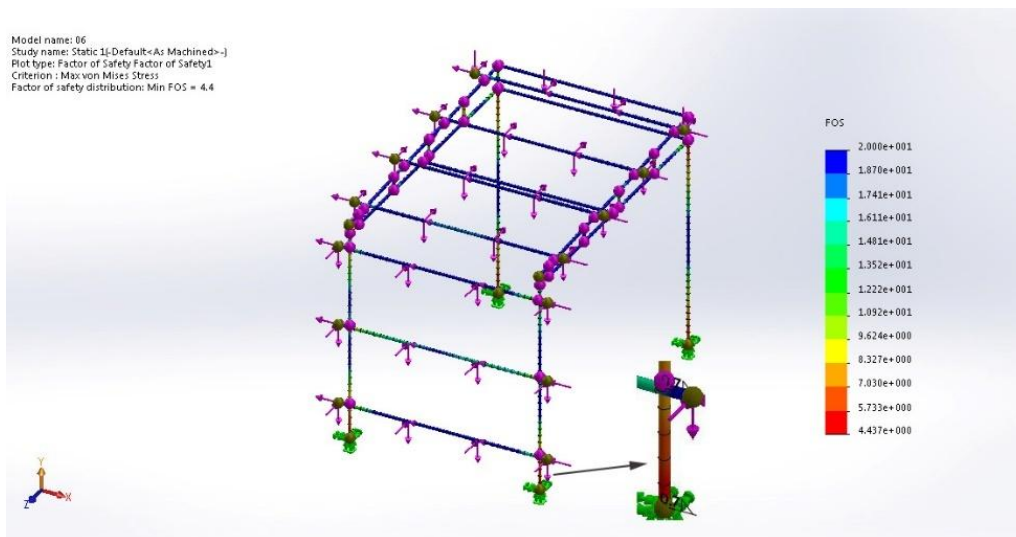
۶.۴ سایه بان استخر آزادی

به دلیل تابش مستقیم آفتاب علاوه بر سقف، در قسمت جلوی سازه روی قوطی‌های تعبیه شده یک ورق به ارتفاع یک متر (لب‌به‌لب با سقف) قرار می‌گیرد. مجموعه‌ی نیروهای اعمالی روی سازه مطابق جدول ۴-۱۰ می‌باشند.

جدول ۴-۱۰: نیروهای حاصل از وزن و باد روی سازه (استخر آزادی)

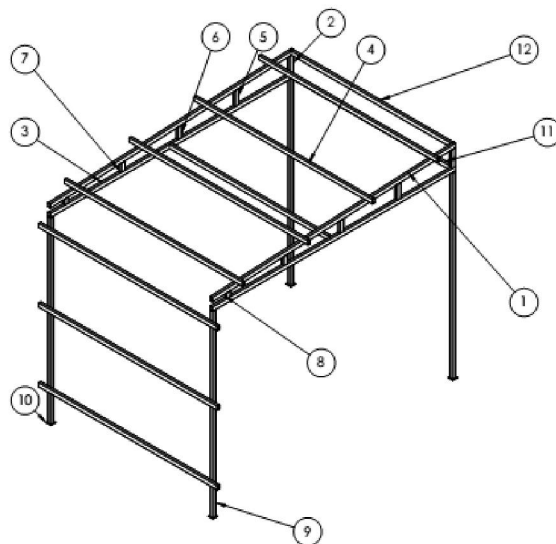
محل اعمال نیرو	تیرهای سقفی (N)	تیرهای دیواره (N)
	-۲۱۷۷/۲۲	۳۱۹/۸۵
	-۲۰۰	-۱۰۱۸/۷۱
	-۴۰۰	-۳۰۰

در شکل ۴-۱۸ و شکل ۴-۱۹ به ترتیب نمودار ضریب اطمینان و ابعاد سازه نشان داده شده‌است.



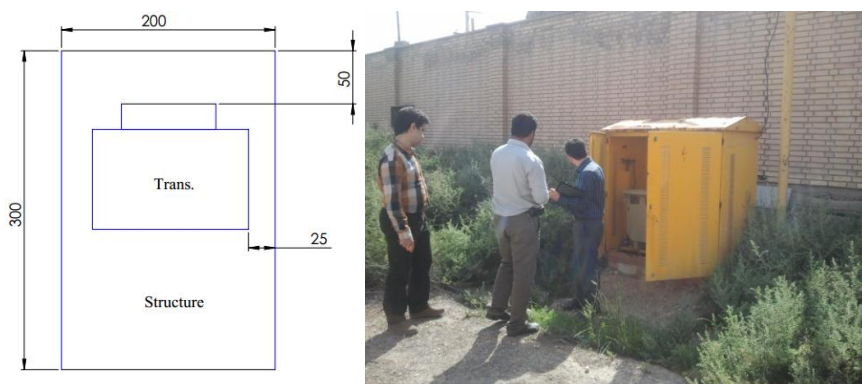
شکل ۴-۱۸: نمودار ضریب اطمینان (سایه بان استخر آزادی)

ITEM NO.	QTY.	DESCRIPTION	LENGTH
1	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	300.37
2	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	19.99
3	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	300
4	7	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	220
5	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	16.62
6	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	13.12
7	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	9.62
8	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	6.12
9	4	TUBE, SQUARE 4 X 4 X 0.40	220
10	4		
11	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	197
12	1	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	200



شکل ۴-۱۹: ابعاد سازه سایه بان پیشنهادی استخر آزادی (سانتیمتر)

در شکل ۴-۲۰ نمایی از ترانس واقع در استخر آزادی مشاهده می‌شود.



شکل ۴-۲۰: نمای بالا از نحوه‌ی قرار گیری سایه بان پیشنهادی استخر آزادی (ابعاد بر حسب سانتیمتر)

همان‌گونه که مشاهده می‌شود حداقل ضریب اطمینان قطعه در نقطه‌ی بحرانی برابر $4/437$ است که یک ضریب اطمینان عالی برای طراحی است.

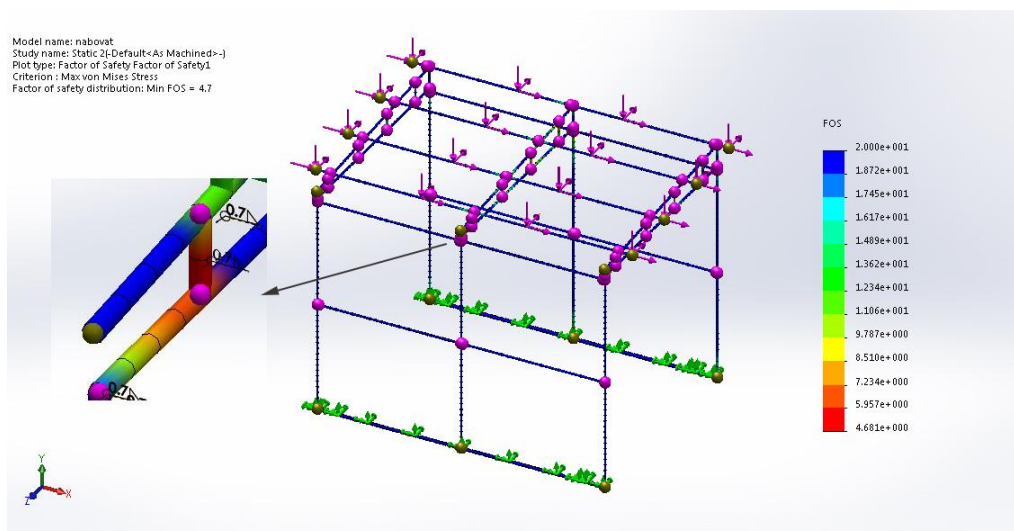
۷.۴ سایه بان TBS نبوت

مجموعه‌ی نیروهای اعمالی روی سازه مطابق جدول ۴-۱۱ می‌باشند.

جدول ۴-۱۱: نیروهای حاصل از وزن و باد روی سازه (TBS نبوت)

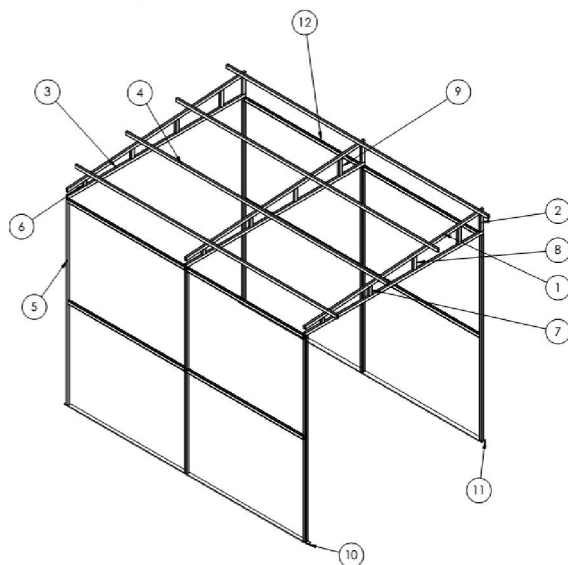
محل اعمال نیرو	تیرهای سقفی (N)	تیرهای دیواره (N)
	-۴۳۶۰	۰
	-۲۰۰	۰
	-۴۰۰	۰

در شکل ۴-۲۱ و شکل ۴-۲۲ به ترتیب نمودار ضریب اطمینان و ابعاد سازه نشان داده شده‌است.



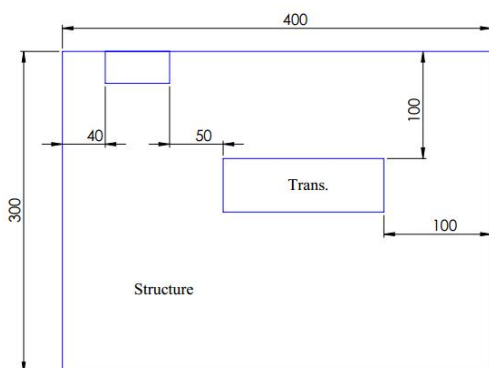
شکل ۴-۲۱: نمودار ضریب اطمینان (سایه بان TBS نبوت)

ITEM NO.	QTY.	DESCRIPTION	LENGTH
1	3	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	300.8
2	3	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	26.87
3	3	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	300
4	4	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	440
5	6	TUBE, SQUARE 4 X 4 X 0.40	300
6	3	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	7.36
7	3	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	13.19
8	3	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	18.66
9	3	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	24.13
10	1		
11	1		
12	16	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	196



شکل ۲۲-۴: ابعاد سازه سایه بان پیشنهادی TBS نبوت (سانتیمتر)

در شکل ۲۳-۴ نمایی از ترانس واقع در TBS نبوت مشاهده می‌شود.



شکل ۲۳-۴: نمای بالا از نحوه‌ی قرار گیری سایه بان پیشنهادی TBS نبوت (ابعاد بر حسب سانتیمتر)

همان‌گونه که مشاهده می‌شود حداقل ضریب اطمینان قطعه در نقطه‌ی بحرانی برابر $4/681$ است که یک ضریب اطمینان عالی برای طراحی محسوب می‌شود.

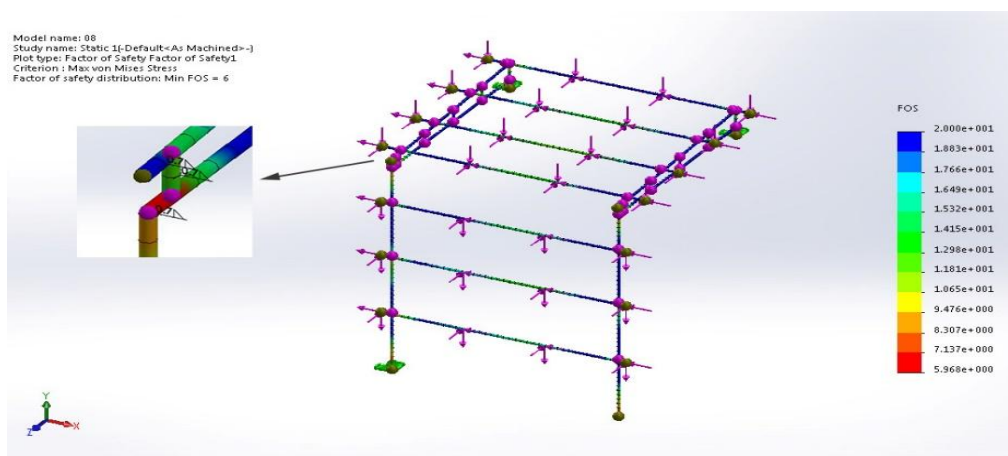
۸.۴ سایه‌بان فاز ۲ پادادشهر

یک طرف سازه روی ستون‌های دیوار پشت ترانسفورماتور قرار می‌گیرد. جهت عدم حرکت سازه قوطی بالایی به نرده‌های فلزی جوش داده می‌شود. در جلوی سازه سه ورق به ارتفاع یک متر (لب‌ه‌لب با سقف) قرار می‌گیرند. روی نرده‌های قرار گرفته در پشت ترانسفورماتور نیز جهت عدم تابش نور مستقیم خورشید یک لایه ورق قرار می‌گیرد. مجموعه‌ی نیروهای اعمالی روی سازه مطابق جدول ۴-۱۲ می‌باشند.

جدول ۴-۱۲: نیروهای حاصل از وزن و باد روی سازه (فاز ۲ پادادشهر)

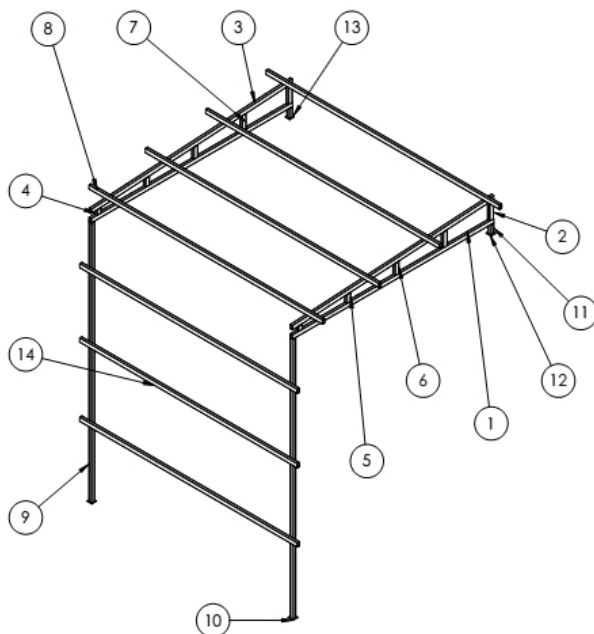
محل اعمال نیرو	تیرهای سقفی (N)	تیرهای دیواره (N)
	-۳۳۶۴/۸۴	۰
	-۲۰۰	۰
	-۴۰۰	۰

در شکل ۴-۲۴ و شکل ۴-۲۵ به ترتیب نمودار ضریب اطمینان و ابعاد سازه نشان داده شده‌است.



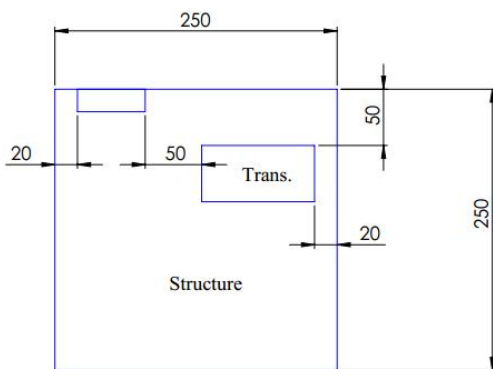
شکل ۴-۲۴: نمودار ضریب اطمینان (سایه‌بان فاز ۲ پادادشهر)

ITEM NO.	QTY.	DESCRIPTION	LENGTH
1	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	250
2	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	19.99
3	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	250.45
4	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	5.74
5	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	9.34
6	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	12.94
7	2	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	16.54
8	4	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	290
9	2	TUBE, SQUARE 4 X 4 X 0.40	300
10	2		
11	2	TUBE, SQUARE 4 X 4 X 0.40	10
12	1		
13	1		
14	3	TUBE, RECTANGULAR 5 X 3 X 0.26	270



شکل ۴-۲۵: ابعاد سازه سایه‌بان پیشنهادی فاز ۲ پادادشهر (سانتیمتر)

در شکل ۴-۲۶ نمایی از ترانس واقع در فاز ۲ پادادشهر مشاهده می‌شود.



شکل ۴-۲۶: نمای بالا از نحوه‌ی قرارگیری سایه‌بان پیشنهادی فاز ۲ پادادشهر (ابعاد بر حسب سانتیمتر)

همان‌گونه که مشاهده می‌شود حداقل ضریب اطمینان قطعه در نقطه‌ی بحرانی برابر ۵/۹۶۸ است که یک ضریب اطمینان عالی برای طراحی است. لازم به ذکر است، نقشه سازه سایه‌بان برای هر ترانس، در لوح فشرده گزارش موجود است. در ماه آتی تلاش می‌شود تا طراحی سایه‌بان‌های باقیمانده انجام شود.

۵ فعالیت‌های ماه آتی

در این بخش فعالیت‌هایی که برای ماه آتی پیش‌بینی شده‌است ارائه می‌گردد. این فعالیت‌ها مشتمل بر موارد ذیل می‌باشند.

۱. شبیه‌سازی عددی هدررفت گاز از یک خط لوله با در نظر گرفتن اثرات انتقال حرارت

۲. تهیه نقشه‌های ایزومتریک آزمایشگاه تخصصی گاز

۳. پیگیری بحث مربوط به طراحی سایه‌بان برای برخی از تجهیزات فضای باز

۴. انجام مطالعات در رابطه با استقرار سیستم‌های مدیریت انرژی در صنایع