ارزیابی صدای شغلی و ارائهٔ طرح کنترلی در ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز شهری

رستم گلمحمدی[۱]، نسترن خائفی[۲*]، محسن علی‌آبادی[۳]

۱. استاد گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکدهٔ بهداشت، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکدهٔ بهداشت، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.
۳. دانشیار گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکدهٔ بهداشت، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۲۰

چکیده

زمینه تأسیسات تقلیل فشار گاز درون‌شهری با افزایش مصرف گاز و کشش بار بیش از ظرفیت یکی از منابع آلودگی صدا محسوب می‌شود. هدف از این مطالعه ارزیابی و ارائهٔ طرح کنترل مواجهه با صدای شغلی ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز شهری بود.

روش کار ارزیابی محیطی صدا به‌همراه تجزیهٔ فرکانسی آن براساس استاندارد (۲۰۰۹) ۹۶۱۲ ISO صورت گرفت. پس از تعیین محدودهٔ تراز فشار صوت، منبع اصلی صدا شناسایی گردید. همچنین به‌منظور تعیین مواجههٔ فردی در طول یک شیفت کاری دزیمتری انجام شد. در مرحلهٔ بعد، تحلیل آکوستیکی بنابر مبنای ویژگی‌های جذب صوتی صورت گرفت. نصب مواد جاذب صوت پیشنهاد و میزان تأثیر مداخلات برآورد شد.

یافته‌ها در ایستگاهای تقلیل فشار گاز میانگین تراز کلی فشار صوت در محدودهٔ (A) dB ۹۵/۳۰-۶۸/۶۴ تعیین شد. حداقل و حداکثر سطح جذب مؤثر صوتی سطوح داخلی به‌ترتیب برابر با ۲۷/۶۴-۳/۶۱ سابین مترمربع برآورد شد. میانگین دز دریافتی کارگران مورد نظر نیز ۱۲۱٪ تعیین گردید. با نصب جاذب در سقف و سطوح دیوارها، سطح جذب مؤثر صوتی سطوح با بیشترین مقدار برابر با ۲۱۰/۳۵ سابین مترمربع و کمترین مقدار آن ۴۰/۳۵ سابین مترمربع برآورد شد که با این طرح کنترل، تراز فشار صوت در داخل بنا بین ۱۱/۶۴-۸/۶۹ دسی‌بل کاهش یافت.

نتیجه‌گیری عامل اصلی ایجاد صدا در ایستگاه تقلیل فشار گاز شهری عبور و اغتشاش جریان گاز از تأسیسات واحد مکانیکال و سطوح انعکاسی بناهای ساختمانی محدودکنندهٔ تأسیسات بود. راهکار کنترلی شامل استفاده از جاذب‌های صدا در دیوار و سقف تعیین شد تا تراز فشار صوت به حدود مواجههٔ شغلی کاهش یابد.

کلیدواژه‌ها:
مدیریت کنترل صدا، تحلیل آکوستیکی، مواجهه با صدا.

۱. مقدمه

با رشد روزافزون صنایع و افزایش نیروی انسانی، آلودگی صدا یکی از مهم‌ترین عوامل فیزیکی زیان‌آور در محیط کار محسوب می‌شود که می‌توان از آن به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین نگرانی‌های تأثیرگذار بر کیفیت زندگی شهری و زیست‌محیطی در سراسر جهان نام برد [۱ـ۳]. مطالعـــات در آلمـان و سـایر

* **نویسندهٔ مسئول: نسترن خائفی**
نشانی: گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکدهٔ بهداشت، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی ـ درمانی همدان، همدان، ایران

تلفن: ۰۹۱۷۶۷۹۴۹۹۳
رایانه: n.khaefi2011@gmail.com
شناسه ORCID: 0000-0001-5957-6264
شناسه ORCID نویسندهٔ اول: 0000-0002-3314-2270

دورنگار:

مجلهٔ علمی ـ پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، دورهٔ ۲۶، شمارهٔ ۳، مرداد و شهریور ۱۳۹۸، ص ۳۱۸-۳۲۷
آدرس سایت: http://jsums.medsab.ac.ir رایانامه: journal@medsab.ac.ir
شاپای چاپی: ۷۴۸۷-۱۶۰۶

کشورهای صنعتی نشان داده است که ۱۲ تا ۱۵٪ از کل کارگران شاغل روزانه با صدای بیش از حد مجاز (بالاتر از (A) ۸۵dB) مواجه‌اند که این نسبت در آلمان برابر با ۴ تا ۵میلیون شاغل است. با درنظر گرفتن جمعیت کارگری ایران، طبق آمارهای مرکز سلامت محیط و کار وزارت بهداشت می‌توان برآورد کرد بیش از ۲میلیون نفر کارگر در مواجهه با صدای زیان‌آور شغلی هستند [۴، ۵].

آزردگی ناشی از صدا دارای اثرات مضر و ناخوشایندی بر کیفیت زندگی و سلامتی افراد است که منبعی فراگیر و تأثیرگذار بر استرس شاغلان بوده است [۶]. در دنیا ۱۶٪ از افت‌های شنوایی، ناشی از مواجههٔ شغلی با صداست [۷]. صدا دارای اثرات فیزیولوژیکی و روحی ـ روانی ازجمله اختلال خواب، افزایش فشار خون، ضربان قلب و اضطراب بوده است. همچنین باعث افزایش استرس اکسیداتیو، کاهش قابلیت درک گفتار، تمرکز و کاهش عملکرد درنهایت افزایش ریسک وقوع حادثه در محیط کار می شود [۶ـ۸]. همچنین افراد در معرض صدای بیش از حد مجاز دوبرابر بیشتر از افراد معمولی دارای مشکلات خانوادگی هستند. بنابراین ضرورت رسیدگی به معضل صدا و پیشگیری از بروز افت شنوایی ناشی از مواجهه با صدا از دیدگاه اقتصادی نیز توجیه‌پذیر است [۹].

فعالیت‌های صنعتی مختلف می‌تواند منشأ آلودگی صدا برای کارگران و همچنین مردم ساکن در مجاورت صنایع باشد. ازجملهٔ این صنایع می‌توان به صنعت پالایش و بهره‌برداری گاز شهری اشاره کرد. طبق بررسی‌های صورت‌گرفته افراد زیادی در صنایع نفت و گاز مشغول به‌کارند که در بعضی از مشاغل این صنایع مواجههٔ شغلی با صدا بیش از (A) ۸۵dB است [۱]. منابع مولِد صدا در این صنایع شامل فن، کمپرسور، پمپ، بوبلر، سیستم‌های تهویه، تجهیزات الکتریکی، برج‌های خنک‌کننده و ... است که عموماً منشأ اصلی صداهای با فرکانس پایین قلمداد می‌شوند [۱۰ـ۱۱]. توسعهٔ صنعت و افزایش جمعیت باعث درخواست روزافزون انرژی خصوصاً گاز طبیعی شده که همین افزایش غیرقابل پیش‌بینی در تقاضای انرژی موجب تحت‌الشعاع قرار دادن تأسیسات وابسته به گاز طبیعی شده است. فشار گاز در لوله‌های اصلی انتقال گاز قبل از اینکه به محل توزیع برای مصرف برسد، باید در محدودهٔ مجاز قرار گیرد. فشار گاز در خطوط اصلی انتقال گاز بین‌شهری ۱۰۵۰ psi تا ۷۰۰ psi است. جهت مصرف شهری این فشار طی دو مرحله: یک بار تا ۲۵۰ psi در ایستگاه اصلی CGS (City Gate Station) و بار دیگر از ۲۵۰ psi و دمای ۶۰ درجه فارنهایت، به ۶۰ psi در ایستگاه تقلیل فشار گاز درون شهری TBS (Town Border Station) کاهش می‌یابد. گاز ورودی به ایستگاه TBS به دو یا سه خط لوله تبدیل می‌شود و درنهایت از طریق یک خط لوله از ایستگاه خارج می‌گردد [۱۲].

با کاهش چگالی و فشار در ایستگاه‌های TBS سرعت جریان گاز افزایش یافته است؛ از این رو صدای ناشی از افزایش مصرف گاز و کشش بار بیش از ظرفیت در این ایستگاه‌ها یکی از منابع آلودگی در محیط کار به‌شمار می‌آید [۱۳ـ۱۴]. لذا هدف از این مطالعه کنترل صدای شغلی ایستگاه‌های TBS است.

۲. مواد و روش‌ها

در پژوهش توصیفی ـ تحلیلی و مقطعی حاضر با هدف ارزیابی و ارائهٔ طرح مداخلهٔ فنی ـ مهندسی جهت کنترل صدای شغلی، در ابتدا اطلاعات پایهٔ مورد نظر و افراد در معرض صدا در ۱۲ ایستگاه تقلیل فشار گاز جمع‌آوری شد. موقعیت جغرافیایی، ظرفیت خروجی، تعداد خطوط انتقال گاز و اطلاعات فنی مورد نیاز مشخص شد و درنهایت با بازدید صورت‌گرفته ابعاد، جنس سطوح و اجزای مولِد صدا در هر ایستگاه تعیین گردید. سپس براساس اطلاعات به‌دست‌آمده ارزیابی در چند مرحله صورت گرفت و درنهایت طرح‌های کنترلی صدا متناسب با موقعیت ارائه و تحلیل شد. نمونه‌ای از ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز شهری در شکل ۱ نمایش داده شده است.

شکل ۱. نمونه‌ای از ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز شهری

۲،۱. ارزیابی محیطی صدا

پس از ارزیابی ایستگاه‌های TBS توسط فرم غربالگری به منظور تعیین میزان مواجههٔ کارگران با صدای شغلی و مقایسه با حدود مجاز مواجههٔ شغلی، اندازه‌گیری صدا به‌صورت محیطی به‌روش شبکه‌بندی منظم با رعایت الزامات استاندارد ISO 9612 (۲۰۰۹) با استفاده از دستگاه ترازسنج کالیبره شد و Svantek 971 صورت گرفت. مقیاس اندازه‌گیری محیطی در این پژوهش در شبکهٔ A و در حالت slow تنظیم گردید [۱۵]. به‌منظور تهیهٔ نقشه، تعیین نحوهٔ انتشار صدا، نواحی خطر، خطوط هم‌تراز صوتی و درون‌یابی داده‌ها در ایستگاه‌های TBS از نرم افزار Surfer V.10 استفاده شد. برای تعیین الگوی توزیع مقادیر تراز فشار صوت در واحدهای مورد مطالعهٔ ایستگاه‌ها از نرم‌افزار Excel2016 استفاده شد [۱۶ـ۱۷]. حداقل و حداکثر تراز فشار صوت در هر ایستگاه TBS مشخص شد و میانگین لگاریتم و انحراف معیار تراز فشار صوت به‌دست آمد. در پژوهش حاضر، میانگین لگاریتمی تراز فشار صوت برای مقایسهٔ وضعیت محیطی به‌کار برده شد.

۲،۲. ارزیابی صدای تأسیسات TBS و آنالیز فرکانس

با توجه به اینکه صدا در پایین‌دست خطوط انتقال گاز (رگلاتور و شیر خروجی) بیشتر از بالادست بود، ارزیابی موضعی با هدف توزیع فرکانسی صدا و تشخیص فرکانس غالب در ایستگاه‌های TBS در طول و ارتفاع یک‌متری رگلاتور و شیر خروجی خط انتقال گاز در حین سرویس‌دهی به‌همراه آنالیز صدا در فرکانس‌های مرکزی یک اکتاو باند در شبکهٔ خطی ارزیابی شد [۱۵].

۲،۳. ارزیابی مواجههٔ امدادگران گاز با صدا در ایستگاه‌های TBS

جهت تعیین و چگونگی مواجههٔ فردی ۸۹ نفر از امدادگران شاغل در ایستگاه‌های TBS روش دزیمتری به‌کار رفت که برای تعیین میزان دز دریافتی در طول یک شیفت کاری (۸ ساعت) از دستگاه دزیمتر QUEST کالیبره‌شده مدل MICRO -۱۵ استفاده شد و نتایج این ارزیابی در ارائهٔ راهکارهای کنترلی مورد استفاده قرار گرفت.

۲،۴. تحلیل آکوستیکی ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز شهری به‌لحاظ میزان متوسط ضریب جذب سطوح داخلی

در این مرحله، به‌منظور تعیین خصوصیات سطوح داخلی بنای ساختمانی ایستگاه‌های TBS در ایجاد صدا با میدان غیرمستقیم (میدان بازآوا) متوسط ضریب جذب صوت، سطح مؤثر جذب صوتی سطوح، شاخص ثابت جذب اتاق و شاخص بازتابشی سطوح داخلی به‌ترتیب برمبنای روابط ۱ـ۴ محاسبه شد.

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum \alpha_i S_i}{\sum S}$$ **(رابطهٔ ۱)**

$$R_a = S \times \bar{\alpha}$$ **(رابطهٔ ۲)**

$$R = \frac{S\bar{\alpha}}{1-\bar{\alpha}}$$ **(رابطهٔ ۳)**

$$RI = 10\ Log\left[1 + \frac{\bar{r}}{NR\bar{C}}\right]$$ **(رابطهٔ ۴)**

در روابط فوق:

α_i: متوسط ضریب جذب صوت (بین صفر تا یک)؛

$\bar{\alpha}$: میانگین ضریب جذب (بین صفر تا یک)؛

S: مساحت کل سطوح داخلی بنا (m^2)؛

R_a: سطح مؤثر جذبی ($Sb\text{-}m^2$)؛

R: ثابت جذب اتاق؛

$\bar{r}$: متوسط ضریب بازتابش صوت (بین صفر تا یک)؛

RI: شاخص بازتابشی سطوح داخلی (dB).

۲،۵. ارائهٔ طرح کنترل صدای شغلی در ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز شهری

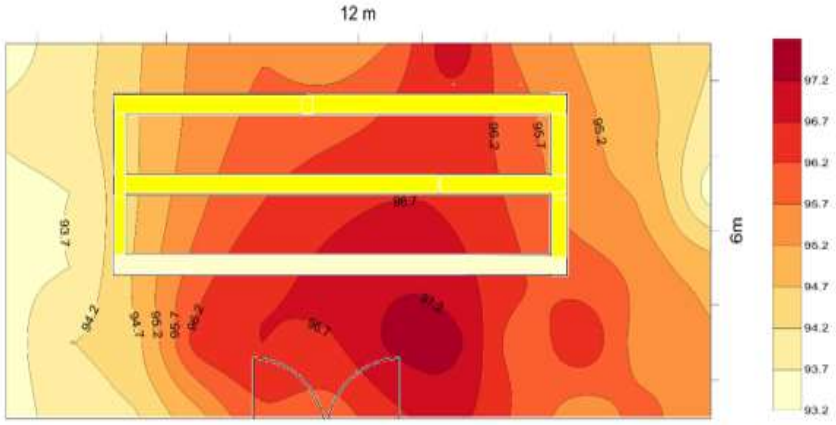
با توجه به نتایج ارزیابی‌های صورت‌گرفته تراز فشار صوت در ۸ ایستگاه تقلیل فشار گاز شهری بالاتر از حدود مواجههٔ شغلی (۸۵ dB (A)) قرار گرفت. به‌منظور کنترل صدای شاغلان در داخل ایستگاه‌ها در سقف جاذب پشم سنگ و در سطوح دیوارها پشم سنگ تخته‌ای به‌عنوان جاذب، و برای نگه‌داری از آن ورق آلومینیوم پانچ‌شده با حداقل چگالی سطحی و سطح باز ۵۰٪ درنظر گرفته شد.

۳. یافته‌ها

۳،۱. نتایج ارزیابی محیطی صدا

ظرفیت خروجی ایستگاه‌های TBS مورد مطالعه بین ۵هزار تا ۳۰هزار مترمکعب در ساعت بود که این محدوده از ظرفیت

خروجی، تمام ایستگاه‌های موجود شهری را دربرمی‌گرفت. در زمان ارزیابی ایستگاه‌های TBS، فقط یکی از خطوط انتقال در حین سرویس‌دهی قرار گرفته بود و نتایج ارزیابی محیطی در ۴۳۹ ایستگاه به‌روش شبکه‌بندی منظم (مربعات ۱*۱) به صورت نقشهٔ صوتی از نوع خطوط هم‌تراز صوتی در ایستگاه های TBS ترسیم شد که براساس نتایج تراز فشار صوت ٪۶۷ از ایستگاه‌های تقلیل فشار در محدودهٔ خطر، ٪۳۳ در محدودهٔ احتیاط قرار گرفت و هیچ محدودهٔ ایمنی ثبت نگردید. نقشهٔ صوتی خطوط هم‌تراز یکی از ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز با میانگین تراز فشار صوت در شکل ۲ و خلاصهٔ نتایج ارزیابی محیطی در جدول ۱ نشان داده شده است.



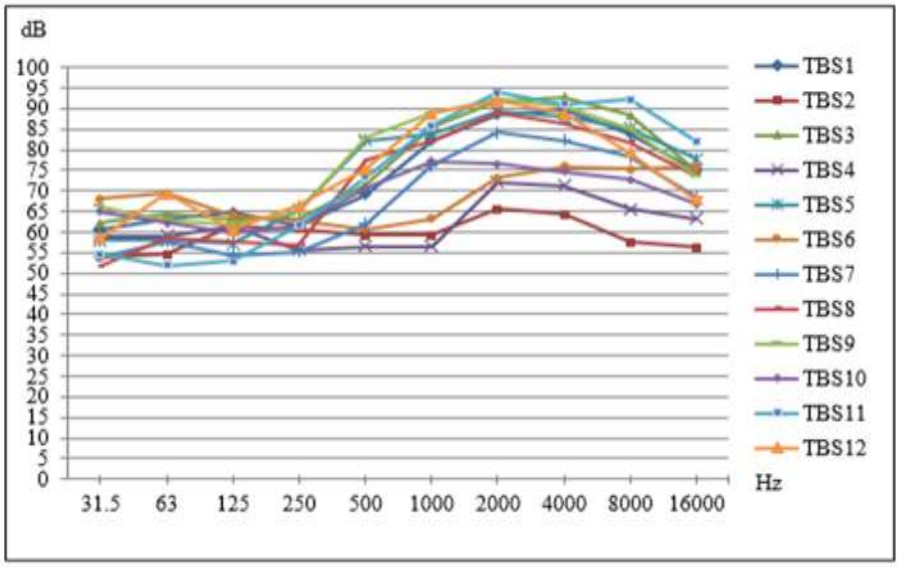
شکل ۲. نمونهٔ نتایج اندازه‌گیری محیطی ایستگاه تقلیل فشار گاز شهری

جدول ۱. خلاصهٔ نتایج ارزیابی محیطی ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز شهری

ردیف	اندازه‌گیری محیطی شبکهٔ توزین A تعداد ایستگاه اندازه‌گیری	انحراف معیار ± میانگین تراز فشار صوت dB (A)
۱	۲۸	۱/۰۸ ± ۸۹/۳۶
۲	۲۴	۱/۲۳ ± ۶۸/۶۴
۳	۴۸	۱/۱۵ ± ۹۵/۳۰
۴	۲۴	۱/۳۷ ± ۷۴/۲۵
۵	۵۶	۱/۱۰ ± ۹۲/۰۳
۶	۲۶	۱/۲۵ ± ۷۸/۹۸
۷	۲۷	۱/۴۷ ± ۸۷/۰۱
۸	۵۲	۱/۴۶ ± ۹۱/۳۰
۹	۵۹	۱/۶۶ ± ۹۵/۰۶
۱۰	۵۵	۱/۱۳ ± ۸۰/۹۲
۱۱	۲۰	۲/۳۱ ± ۹۴/۷۵
۱۲	۲۰	۱/۰۹ ± ۹۴/۸۵

۳،۲. نتایج ارزیابی صدای تأسیسات TBS و آنالیز فرکانس

آنالیز فرکانس در ۵۱ منطقه در اطراف خطوط انتقال گاز در حین سرویس‌دهی (در طول و ارتفاع یک‌متری در قسمت رگلاتور و شیر خروجی) در شبکهٔ توزین خطی به‌منظور اطمینان از صحت اندازه‌گیری و ارزیابی آن برای تعیین روش‌های کنترلی فنی ـ مهندسی در فرکانس‌های مرکزی یک اکتاو باند صورت گرفت [۱۵]. در شکل ۳، نمودار نتایج تراز فشار صوت منابع صدا در خطوط انتقال گاز ایستگاه‌های TBS مورد مطالعه ترسیم شده است.



شکل ۳. نتایج تراز فشار صوت در منابع صدا خطوط گاز (شیر خروجی و رگلاتور) ایستگاه‌های TBS مورد مطالعه

۳،۳. نتایج ارزیابی مواجههٔ شغلی

نتایج دزیمتری به‌منظور تعیین کلی میزان مواجههٔ امدادگر گاز با استفاده از دستگاه دزیمتر مدل QUEST در طول یک شیفت کاری (صبح ۷ـ۱۵) نشان داد که میزان صدای دریافتی امدادگر به‌طور متوسط برابر با ۱۲۱/۲۳٪ و تراز فشار صوت معادل آن برابر با dB ۸۵/۸۴ تعیین شد.

۳،۴. نتایج تحلیل آکوستیکی بنای TBS از نظر جذب

برآوردهای صورت‌گرفته از تحلیل آکوستیکی بناهای TBS به‌لحاظ میزان متوسط ضریب جذب صوتی سطوح داخلی و شاخص بازتابشی سطوح داخلی در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. نتایج محاسبات متوسط ضریب جذب صوتی، ضریب بازتابش و برآورد شاخص بازتابشی در ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز شهری

TBS	مساحت کل سطوح داخلی (m^2)	متوسط ضریب جذب صوتی TBS (NRC)	$\bar{r}$ $(1-\bar{\alpha})$	برآورد شاخص بازتابشی TBS (RI) (dB)
۱	۲۴۵/۳۵	۰/۰۳۸	۰/۹۶۲	۱۴/۲۰
۲	۱۶۷/۶۸	۰/۰۳۰	۰/۹۶۶	۱۵/۲۱
۳	۲۶۷/۴۵	۰/۰۳۷	۰/۹۶۳	۱۴/۳۱
۴	۱۶۷/۱۸	۰/۰۲۰	۰/۹۸۰	۱۶/۹۸
۵	۳۶۶/۲۴۶	۰/۰۶۰	۰/۹۴۰	۱۲/۲۱
۶	۲۰۱/۲۳	۰/۰۳۲	۰/۹۶۷	۱۴/۹۴
۷	۱۸۵/۸	۰/۰۲۶	۰/۹۷۴	۱۵/۸۵
۸	۳۴۸/۷۲	۰/۰۸	۰/۹۲۰	۱۰/۹۶
۹	۳۶۲/۲۴	۰/۰۳۷	۰/۹۶۳	۱۴/۳۱
۱۰	۳۳۵/۱۶	۰/۰۷۰	۰/۹۳۰	۱۱/۵۴
۱۱	۱۸۷/۷۲	۰/۰۳۰	۰/۹۷۰	۱۵/۲۲
۱۲	۱۸۳/۶۰	۰/۰۲۶	۰/۹۷۳	۱۵/۷۹

۳،۵. نتایج بررسی طرح‌های کنترل صدای شغلی در هشت ایستگاه TBSبا اولویت بالاتر

براساس ارزیابی‌ها و نتایج مشخص شد که با اجرای طرح کنترل صدا برمبنای استفاده از جاذب پشم سنگ در سقف و سطوح دیوار، در داخل بنای ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز، متوسط ضریب جذب صوت تاحدود بسیار زیادی افزایش و تراز فشار صوت داخل ایستگاه TBS بین ۱۱/۶۴ــ۸/۶۹ کاهش داشت (ر.ک: جدول ۳).

جدول ۳. نتایج ارائهٔ راهکارهای کنترلی صدا در ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز مورد مطالعه

ایستگاه‌های با اولویت بالاتر کنترل	سطح مؤثر جذبی قبل از کنترل (سابین ـ مترمربع)	سطح مؤثر جذبی بعد از کنترل (سابین ـ مترمربع)	تراز فشار صوت در داخل TBSها قبل از کنترل	تراز فشار صوت در داخل TBSها پس از کنترل
۳	۱۰/۰۱	۱۲۵/۹۹۲	۹۵/۳۰	۸۴/۰۱
۹	۱۳/۵۹	۱۸۳/۷۶۳	۹۵/۰۶	۸۳/۴۴
۱۲	۴/۸۳	۶۵/۷۳	۹۴/۸۵	۸۳/۲۱
۱۱	۵/۵۵	۶۶/۳۹	۹۴/۷۵	۸۳/۶۳
۵	۲۱/۸۵	۲۰۷/۶۶	۹۲/۰۳	۸۱/۸۲
۸	۲۷/۶۴	۲۱۰/۳۵	۹۱/۳۰	۸۱/۹۵
۱	۹/۴۴	۶۰/۴۹۸	۸۹/۳۶	۸۰/۶۷
۷	۴/۹۲	۴۰/۳۵	۸۷/۰۱	۷۷/۳۷

۴. بحث و نتیجه‌گیری

این مطالعه در ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز شهری به‌منظور اندازه‌گیری، تعیین الگوی مواجههٔ فردی کارگران و کنترل صدای شغلی انجام شد. در این پژوهش، اندازه گیری و ارزیابی به‌روش محیطی، دزیمتری و آنالیز فرکانس در شبکهٔ خطی صورت گرفت.

نتایج اندازه‌گیری در ۴۳۹ ایستگاه نشان داد که ۶۷٪ ایستگاه‌ها در محدودهٔ خطر (بالاتر از dB(A) ۸۵) و ۳۳٪ در محدودهٔ احتیاط قرار گرفته است. نتایج مطالعهٔ نصیری و همکاران [۱] در ارزیابی صدای محیطی و میزان مواجههٔ فردی یک مجتمع پتروشیمی نشان داد که در کل مجتمع حدود ۸/۸٪ از مجموع ایستگاه‌های اندازه‌گیری در محدودهٔ خطر و بیش از ۷۴٪ از آن‌ها در محدودهٔ احتیاط قرار داشت و از مجموع سه واحد آب، هوا و نیروگاه، واحد هوا با میانگین تراز فشار صوت dB (A) ۸۸-۸۹ و بخش فشرده‌سازی آن با میانگین تراز فشار صوت dB (A) ۹۳/۲۸ در بین سایر قسمت‌های این مجتمع از ترازهای بالاتری برخوردار بودند. در ارزیابی محیطی حداقل تراز فشار صوت در مجاورت دیوارهای بنای ساختمانی TBS و حداکثر تراز فشار صوت در نزدیکی رگلاتور و شیر خروجی خطوط انتقال گاز در حین سرویس‌دهی تعیین گردید که این نکته در نقشهٔ صوتی هم تراز نیز به‌اثبات رسیده است. علاوه‌بر این، براساس نتایج پژوهش فائزیان و همکاران [۱۲] در ارتباط با واکاوی تجربی آلودگی صدا در ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز شهری، عمدهٔ صدای تولیدشده در رگلاتور به پایین‌دست آن منتقل شده است. همچنین نتایج مطالعهٔ معصومی و همکاران [۱۸] که به بررسی آلودگی صدا در ایستگاه‌های تقویت فشار گاز پرداختند، نشان داد منابع مولد صدا در این ایستگاه‌ها خروج گازهای حاصل از احتراق از اگزوز توربین‌ها و ژنراتورها، حرکت گاز با فشار و تلاطم بالا، کارکرد ماشین‌آلات دوار (کمپرسورها، موتورهای دیزلی و توربین‌ها) و تخلیهٔ هوا از خشک‌کن است. درنتیجه تأسیسات در ایستگاه‌های TBS مورد مطالعه به عنوان منبع اصلی صدا تعیین گردید. نتایج آنالیز فرکانس صدا در ایستگاه‌های TBS نشان داد که فرکانس غالب ۲هزار تا ۴هزار هرتز (فرکانس مکالمه) قرار گرفته که تراز فشار صوت در فرکانس غالب بالاتر از سایر فرکانس‌ها بوده است. تعیین فرکانس غالب در کنترل و انتخاب جنس جاذب معیاری ضروری بود.

نتایج پژوهش فروهر مجد و همکاران [۱۹] در زمینهٔ ارزیابی محیطی و تهیهٔ نقشهٔ صوتی آلودگی صدا در صنعت ذوب فلزات نشان داد بیشترین تراز فشار صوت با مقدار dB (A) ۱۰۹ مربوط به کورهٔ قوس الکتریکی است؛ همچنین کورهٔ قوس الکتریکی به‌عنوان منبع تولید صدا شناخته شد. نتایج تحلیل آکوستیکی برمبنای جذب نشان داد که در بناهای TBS به‌جهت استفاده از مصالح سخت در سطوح

داخلی، سطح مؤثر جذبی بسیار پایین است. مصالح به‌کاررفته در دیوارهای این ایستگاه‌ها آجر و گچ و در سقف ایرانیت سیمانی ـ آزبستی و ورق فلزی موج‌دار است که موجب پایین آمدن متوسط ضریب جذب صوت و درنتیجه بالا بودن زمان بازآوایی در ایستگاه‌های TBS شده است. همچنین ویژگی-های آکوستیکی بنا را به‌صورت ذهنی، با استفاده از مقدار میانگین ضریب جذب واحد (بنا) می‌توان توصیف کرد که نتایج متوسط ضرب جذب صوت در ایستگاه‌های TBS نشان داد بناهای ساختمانی محدودکنندهٔ آن‌ها به‌لحاظ آکوستیکی به‌عنوان اتاق زنده (۰/۰۵) محسوب می‌شوند [۲۰].

در مطالعه‌ای که به‌منظور کنترل صدا در یک سالن صنعتی در استرالیا انجام شد، تحلیل آکوستیکی سالن برمبنای جذب صوت نشان داد که میانگین ضریب جذب کلی صوت سالن که دارای سطوح سقف و دیوارهای بسیار ناهمگون بوده، درحدود ۰/۱۵ و درنتیجه زمان بازآوایی آن درحدود ۲ ثانیه است [۲۱].

همچنین در مطالعه‌ای که گلمحمدی و همکاران [۲۲] در یک صنعت فولاد انجام دادند، متوسط ضریب جذب صوت سالن مورد بررسی برابر با ۰/۰۸۲ و سطح جذب مؤثر صوتی سطوح داخلی ۱۰۸/۶ سابین مترمربع برآورد شد که نتایج متوسط ضریب جذب آن با نتایج این پژوهش همخوان است.

در ایستگاه‌های مورد مطالعه، صدای ناشی از عبور گاز از واحد مکانیکال (شیر خروجی و رگلاتور) و سطوح بازآوای بناهای ایستگاه TBS است. این نتایج بیانگر آن است که به منظور کاهش مواجهه با صدای شغلی و درنتیجه کاهش اثرات زیان‌آور ناشی از آن، ارائه و طراحی روش کنترلی مناسب و مؤثر ضروری است؛ بدین منظور در داخل ایستگاه های TBS، استفاده از جاذب در سقف و پانل آکوستیک در سطوح دیوارها پیشنهاد شد.

با توجه به فرکانس غالب در ایستگاه‌های TBS، در سقف از پشم سنگ تخته‌ای و در سطوح دیوارها از داخل به خارج پشم سنگ تخته‌ای با ضخامت ۵ سانتی‌متر و چگالی سطحی ۴/۲۵ کیلوگرم بر مترمربع به‌عنوان جاذب اصلی، و جهت جلوگیری از رطوبت و حفاظت از جاذب، ورق پانچ آلومینیوم با ضخامت ۰/۵ میلی‌متر و چگالی سطحی ۱/۳۵ کیلوگرم بر مترمربع درنظر گرفته شد. برای جذب بیشتر در دو ایستگاه با اولویت کنترل بالاتر (۳ و ۹ TBS) ورق پانچ آلومینیوم با ۶۷٪ سطح باز و در بقیهٔ ایستگاه‌های تقلیل فشار سطح باز ۵۰٪ درنظر گرفته شد. با اجرای طرح کنترلی تراز فشار صوت در ایستگاه‌های TBS به حدود مواجههٔ شغلی (OEL) کاهش یافت.

نتایج این مطالعه نشان داد که به‌دلیل جریان گاز از خطوط انتقال در ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز شهری در نزدیکی رگلاتور و شیر خروجی، صدای بالاتر و سطوح بازآوا در بناهای TBS سبب تشدید صدا می‌گردد. تراز فشار صوت در تمام نواحی ارزیابی‌شده بالاتر از حدود مجاز شغلی تعیین شد که با استفاده از راهکارهای کنترلی صدای شغلی در داخل بنا بین ۱۱/۶۴-۸/۶۹ دسی‌بل کاهش یافت و درصد دز دریافتی امدادگران گاز به کمتر از حدود مواجههٔ شغلی (حدود ۱۵٪) رسید.

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از پایان‌نامهٔ دورهٔ کارشناسی ارشد رشتهٔ مهندسی بهداشت حرفه‌ای است که توسط معاونت تحقیقات فناوری دانشگاه علوم پزشکی همدان به شمارهٔ طرح ۹۵۰۲۲۱۶۴۱ مورد حمایت قرار گرفت و با همکاری شرکت گاز همدان انجام شد. بدین وسیله از دو سازمان مذکور قدردانی و تشکر می‌شود.

References

[1]. Nasiri P, Monazzam M, FarhangDehghan S, Jahangiri M. The Assessment of The Environmental Noise And Personal Exposure In A Petrochemical Plant. Iran Occupational Health 2013; 10 (1): 23-32.
[2]. Golmohammadi R, Monazzam M, Nourollahi M, Nezafat A, Momen Bellah Fard S. Evaluation of noise propagation characteristics of compressors in tehran oil refinery center and presenting control methods. Journal of research in health sciences 2010; 10 (1): 22-30.
[3]. Abbaspour M, Karimi E, Nassiri P, Monazzam M, Taghavi L. Hierarchical assessment of noise pollution in urban areas-A case study. Transportation Research Part D: Transport and Environment 2015; 3 (4) 95-103.
[4]. Golmohammadi R, Giahi O, Aliabadi M, Darvishi E. An Intervention for Noise Control of Blast Furnace in Steel Industry. Journal of research in health sciences 2014; 14 (4): 90-101 PMID: 25503285.
[5]. Goelzer B, Hansen CH, Sehrndt G. Occupational exposure to noise: evaluation, prevention and control: World Health Organisation 2001.
[6]. Abbasi M, Monazzam Esmaielpour MR, Akbarzadeh A, Zakerian SA, Ebrahimi MH. Investigation of the effects of wind turbine noise annoyance on the sleep disturbance among workers of Manjil wind farm. Journal of Health and Safety at Work 2015; 5 (3): 51-62. eng.
[7]. Golmohammadi R, Aliabadi M. Noise Pollution and its Irritating Effects in Hospitals of Hamadan, Iran. Health System Reserch 2012; 7(6).
[8]. Mattia GM, Bruel PV. Ergonomics of intern environments: privacy and reactions to noise

pollution. Journal of the Acoustical Society of America 2008; 12 3(5): 3811.
[9]. Cherminisoff P, Cherminisoff P. Industrial noise control. Michigan: Ann Environ Health. 2003; 58 (1): 8-55.
[10]. Forouhar Majd F, Nasiri P, Ahmadvand M, F FM. Environmental noise pollution, oil and gas. Fifth Conference of Environmental Engineering: Tehran University 2011.
[11]. Tingay J, plc CR. meeting the challenges of employee noise exposure in the oil and gas industry 2003.
[12]. Favzyan A, Reyhani A, Modares Razavi M, Meshkini P. Experimental study of noise pollution in urban gas pressure reduction stations. Sixth National Conference on Environmental Engineering :Tehran University 2012.
[13]. Khosravirad F, Zarei E, Mohammadfam I, Shoja E. Analysis of Root Causes of Major Process Accident in Town Border Stations (TBS) using Functional Hazard Analysis (FuHA) and Bow tie Methods. Journal of Occupational Hygiene Engineering 2014; 1 (3): 19-28.
[14]. Hakimi E, Solimani P. Numerical study solutions to reduce the noise level in the gas pressure reduction stations within the city. Sixth National Conference on Environmental Engineering: Tehran University 2012.
[15]. Golmohammadi R. Noise and Vibration Engineering. 4th ed. Tehran: Daneshjoo Publisher; 2014.
[16]. Jahangiri M, Golmohammadi R, Aliabadi M. Determination of Main Noise Sources in a Thermal Power plant. J Health Safe Work 2014; 4 (3): 13-22.
[17]. Hojati M, Golmohammadi R, Aliabadi M. Determining the Noise Exposure Pattern in a Steel Company. Journal of Occupational Hygiene Engineering 2016; 2 (4):1-8.
[18]. Masomi T, KHedri H, Razavi zade A. Evaluataion noise pollution in gas stations and provide solutions to reduce SPL noise sources. The fifth Conference of Environmental Engineering: Tehran University; 2011.
[19]. Forouharmajd F, Shabab M. Noise Pollution Status in a Metal Melting Industry and the Map of Its Isosonic Curve. Jundishapur J Health Sci 2015; 7 (4): 46-50. DOI: 10.17795/jjhs-30366.
[20]. RF ،Barron. Industrial Noise Control and Acoustics. New York: Marcel Dekker; 2003
[21]. Successful noise management in manufacturing. Australian Department of Consumer and Employment Protection. https://www.commerce.wa.gov.au/sites/default/files/atoms/files/ successful_noise_man.pdf February2006.
[22]. Golmohamadi R, Aliabadi M, Darvishi E. Enclosure design for noise control of air blower in a typical steel industry. Iran Occupational Health Journal 2014; 11 (2): 1-12.

Occupational Noise and Control Plan Presentation in Town Board Stations Assessment

Rostam Golmohammadi[1], Nastaran khaefi*[2], Mohsen Aliabadi[3]

1. Professor of Environmental Engineering Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health and Research, Center for Health Sciences, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.
2. Corresponding author: Msc student ،Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health and Research, Center for Health Sciences, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.
3. Associate Professor of Occupational Hygiene *Engineering* Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health and Research, Center for Health Sciences, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.

Abstract

Background Town Board Stations (TBS) installations with increment in gas consumption and overloading are one of the sources of noise pollution. The present study was aimed to assess and provide an occupational noise exposure control plan in TBS.

Materials & Methods Area noise measurement and frequency analysis was performed according to ISO 9612(2009). After the determination of the range of sound pressure level, predominant source of noise was identified.

In addition, dosimetry was conducted to determine the personal exposure during a work shift. In the next step, acoustical analysis of TBS of the sample, construction was conducted based on acoustical absorbance properties. Installation of absorbent materials was recommended and the efficiency of the interventions was assessed.

Results Sound pressure level was in the range of 68.64 to 95.30 dB (A) in TBS. The minimum and maximum effective sound absorption of internal surfaces were 3.61 and 27.64 Sabine m^2, respectively.

The average noise exposure dose for maintenance workers was 121%. After installation of absorbent materials on ceiling and walls, the effective sound absorption of the surfaces was improved to a maximum of 210.35 Sabine m^2 and a minimum of 40.35 Sabine m^2. The noise reduction prediction for these control plan will be 8.69 -11.6 dB (A).

Conclusion The main reason of noise in the TBS was the passage and turbulence of gas flow in the mechanical unit, and reflective surfaces in constructions enclosing the installations. The control strategy, including the use of absorbent materials on ceiling and walls, was determined to reduce the sound pressure level to occupational exposure limit.

Received: 2018/05/12
Accepted: 2018/09/11

Keywords: Noise control management, Acoustical analysis, Noise exposure.