

## Qualitative Evaluation of the Performance of Chemical Fume Hoods Located in the Laboratories of the University of Medical Sciences in 2017

Maryam Feiz Arefi<sup>1</sup>, Farshid Ghorbani Shahna<sup>2,\*</sup>, Azam Karamimosافر<sup>1</sup>

<sup>1</sup> MSc in Occupational Health Engineering, Student Research Committee, Department of Occupational Health, Faculty of Health, University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

<sup>2</sup> Associate Professor, Scientific Center of Excellence for Occupational Health, Health and Occupational Safety Research Center, Department of Occupational Health, Faculty of Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

\* **Corresponding Author:** Farshid Ghorbani Shahna, Scientific Center of Excellence for Occupational Health, Health and Occupational Safety Research Center, Department of Occupational Health, Faculty of Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran. Email: fghorbani@umsha.ac.ir

### Abstract

**Received:** 18/12/2017

**Accepted:** 26/04/2018

#### How to Cite this Article:

Feiz Arefi M, Ghorbani Shahna F, Karamimosافر A. Qualitative Evaluation of the Performance of Chemical Fume Hoods Located in the Laboratories of the University of Medical Sciences in 2017. *J Occup Hyg Eng.* 2018; 5(1): 1-7. DOI: 10.21859/johe-5.1.1

**Background and Objective:** A variety of chemical and biological materials are used in the scientific and research laboratories of the universities of medical sciences. Various people, including the laboratory staff, students, and faculty members, are exposed to these materials; accordingly, various respiratory and dermatological symptoms may occur in these people. Regarding this, the aim of the present study was to evaluate the chemical fume hoods used in the laboratories of the medical universities.

**Materials and Methods:** This study was conducted on 43 chemical hoods of the laboratories of the universities of medical sciences. The technical specifications of the hoods and their compliance with the standards were investigated. The amount of hood suction was measured through air flow visualization and hood face velocity using a thermal anemometer. The data were analyzed in SPSS software, version 19.

**Results:** According to the results, 51.2% and 44.2% of the hoods had inappropriate conditions in terms of hardware and location, respectively. Maximum of face velocity was 96.16 ft/min. The results showed that 50.2% of the hoods had a visible leakage. The mean face velocities were not suitable in any of the hoods when they were 100% and 50% open. These velocities were appropriate only when the hoods were 25% open.

**Conclusion:** Based on the findings, the hardware and performance characteristics of most of the hoods were inappropriate. Furthermore, they had a low impact on the control of pollutants. Consequently, it is necessary to adapt to the changes and modifications of the hoods in accordance with the standards. An annual assessment of hood performance should also be applied in the hood maintenance program.

**Keywords:** Hood; Laboratory; Quality Assessment

## ارزیابی کیفی عملکرد هودهای شیمیایی مستقر در آزمایشگاه‌های دانشگاه علوم پزشکی در سال ۱۳۹۶

مریم فیض عارفی<sup>۱</sup>، فرشید قربانی شهنا<sup>۲\*</sup>، اعظم کریمی مسافر<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> کارشناسی ارشد، مهندسی بهداشت حرفه‌ای، گروه بهداشت حرفه‌ای، کمیته تحقیقات دانشجویی، همدان، ایران  
<sup>۲</sup> دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، قطب علمی بهداشت حرفه‌ای و مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، همدان، ایران

\* نویسنده مسئول: فرشید قربانی شهنا، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، قطب علمی بهداشت حرفه‌ای و مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، همدان، ایران. ایمیل: fghorbani@umsha.ac.ir

### چکیده

**سابقه و هدف:** در آزمایشگاه‌های علمی- تحقیقاتی دانشگاه‌های علوم پزشکی انواع گوناگونی از مواد شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. افراد مختلف شامل: کارکنان آزمایشگاه، دانشجویان و اساتید با این مواد مواجه هستند و این احتمال وجود دارد که علائم مختلف تنفسی و پوستی در این افراد بروز کند. در این ارتباط، هدف از مطالعه حاضر بررسی عملکرد هودهای شیمیایی آزمایشگاهی دانشگاه علوم پزشکی بود.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه ۴۳ هود شیمیایی آزمایشگاه‌های دانشگاه علوم پزشکی، مشخصات ساختاری و عملکردی آن‌ها و میزان تطابقشان با استاندارد بررسی گردید. میزان مکش هودها با استفاده از مرئی‌سازی جریان هوا و سرعت دهانه هودها با استفاده از آنومتر حرارتی اندازه‌گیری شدند. نتایج با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS 19 تجزیه و تحلیل گردیدند.

**یافته‌ها:** ۵۱/۲ درصد از هودهای مورد مطالعه از نظر سخت‌افزاری و ۴۴/۲ درصد از آن‌ها به لحاظ جانمایی در وضعیت نامناسبی قرار داشتند. حداکثر سرعت دهانه هود نیز ۹۶/۱۶ فوت بر دقیقه بود. نتایج نشان دادند که ۵۰/۲ درصد از هودها نشستی قابل رؤیت داشتند. میانگین سرعت دهانه هود در هیچ‌کدام از هودها در حالتی که مساحت دهانه باز هود ۱۰۰ و ۵۰ درصد بود، مناسب نبودند و تنها در حالت ۲۵ درصد مناسب بودند.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به اینکه مشخصات سخت‌افزاری و عملکردی بیشتر هودها نامناسب بودند و اثربخشی آن‌ها در کنترل آلاینده‌ها کم بود، لازم است نسبت به تغییرات و اصلاح هودها مطابق با استانداردها اقدام گردد. ارزیابی سالیانه عملکرد هودها نیز می‌بایست در برنامه نگهداری هود اعمال شود.

**واژگان کلیدی:** آزمایشگاه؛ ارزیابی کیفی؛ هود

### مقدمه

برخوردار هستند و ۹۳ درصد از مواجهه‌های دانشجویان و پژوهشگران شاغل در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی دانشگاه علوم پزشکی دارای رتبه ریسک متوسط می‌باشند. از سوی دیگر، بروز برخی از حوادث در آزمایشگاه‌ها سبب شده است که هم از جنبه سلامتی و هم به لحاظ ایمنی، مجهزبودن آزمایشگاه به سیستم تهویه با عملکرد مناسب دارای اهمیت باشد [۱،۳]. در این ارتباط، در پژوهشی خطر آزمایشگاه‌های علمی بیشتر از یک صنعت گزارش شد که ناشی از رویکرد آرام سازمان‌های آموزشی برای ایمنی این مکان‌ها بود [۴].

استفاده از هود شیمیایی به‌منظور کنترل مواجهه با ترکیبات

در آزمایشگاه‌های علمی- تحقیقاتی انواع گوناگونی از مواد شیمیایی همچون انواع ترکیبات آلی فرار، آلدئیدها، ترکیبات هالوژنه، الکل‌ها و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرند. افراد مختلفی به دلیل کار خود با این مواد مواجه هستند و این احتمال وجود دارد که علائم مختلف تنفسی و پوستی در این افراد بروز کند. گاهی حوادثی در اثر وجود ترکیبات شیمیایی در آزمایشگاه‌ها اتفاق می‌افتند [۱،۲]. نتایج مطالعات مختلف حاکی از ریسک مواجهه با مواد شیمیایی در آزمایشگاه‌های دانشگاه‌ها می‌باشند؛ به نحوی که ۲۶/۶۷ درصد از آزمایشگاه‌های دانشگاه علوم پزشکی از ریسک قابل توجهی

فضاها با یکدیگر و بسته بودن فضا، در صورت مناسب نبودن عملکرد هودها، مواجهه سایر افراد شاغل در واحدهای مجاور آزمایشگاه در اثر نشت آلاینده‌های هوا به خارج از آزمایشگاه را در پی خواهد بود. علاوه بر این، امکان انتشار آلاینده‌های خروجی از هودها توسط هواکش‌ها به طبقات بالا وجود دارد. استفاده از مواد شیمیایی خطرناک و بعضاً سرطان‌زا مانند متیل بروماید، فرمالین، بنزن، اسیدها، سموم شیمیایی و غیره و نیز استنشاق بوی ترکیبات شیمیایی در بدو ورود به آزمایشگاه‌ها و البته مشاهده علائم تنفسی در کارکنان توجه پژوهشگران را به بررسی هودها جلب نموده است. با توجه به اینکه تاکنون در ایران مطالعه‌ای در این زمینه در آزمایشگاه دانشگاه صورت نگرفته است و همچنین با توجه به اهمیت عملکرد هودها، مطالعه حاضر با هدف ارزیابی عملکرد کیفی هودهای شیمیایی آزمایشگاه‌های پردیس یک دانشگاه علوم پزشکی و ارائه راهکار اصلاحی انجام شد.

### مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی عملکرد هودهای مستقر در آزمایشگاه‌های دانشگاه علوم پزشکی پس از هماهنگی با واحدهای مربوطه، اطلاعات مربوط به تعداد آزمایشگاه‌ها و هودهای موجود در هر آزمایشگاه جمع‌آوری گردید. لازم به ذکر می‌باشد که در این مطالعه تنها به بررسی هودهای شیمیایی پرداخته شده است و هودهای بیولوژیک از مطالعه حذف شده‌اند. در راستای انجام پژوهش، وضعیت جانمایی هودها در آزمایشگاه‌ها مطابق با استاندارد ۳۵۰۱ بررسی گردید. به این ترتیب که محل نصب هود نسبت به موقعیت در و پنجره‌ها، دریچه‌های ورود هوا، فاصله از دیوار و فاصله از هودهای مجاور بررسی گشته و با شرایط مطلوب مقایسه شد [۱۳]. به منظور ارزیابی طراحی ساخت‌افزایی هودها مواردی از قبیل: وجود دریچه‌های بای‌پس، سالم بودن دریچه بالاروی هود (Sash) و سالم بودن بدنه هود بررسی گردیدند. جهت ارزیابی هواکش هودها نیز نوع هواکش‌ها، محل نصب آن‌ها و دبی هود مورد بررسی قرار گرفت. همچنین برای اطمینان از عدم ایجاد افت فشار زیاد طرح کانال‌کشی هودهای آزمایشگاهی، مواردی همچون جنس و شکل کانال، صاف بودن دیواره آن، زانویی‌ها و طول کانال‌ها ارزیابی شدند. وضعیت هودها در هر متغیر مورد بررسی به صورت کیفی بیان شدند و به صورت "مناسب، نسبتاً مناسب و نامناسب" طبقه‌بندی گردیدند. در صورتی که هود مورد بررسی واجد تمام موارد ذکر شده بود به عنوان هود مناسب اعلام می‌شد. همچنین، در صورتی که دو مورد از متغیرهای مورد بررسی در هود مورد مطالعه وجود نداشت در گروه نسبتاً مناسب و در صورت عدم وجود و یا نقص سه مورد یا بیشتر از متغیرها، هود مورد بررسی در گروه نامناسب طبقه‌بندی می‌شد. در ادامه، مطابق با آزمون‌های کیفی توصیه‌شده در استاندارد معتبر شامل:

شیمیایی در این آزمایشگاه‌ها ضرورت دارد؛ اما نکته قابل توجه در رابطه با هود، کنترل عملکرد صحیح آن است؛ زیرا در صورتی که هود عملکرد مناسبی نداشته باشد نمی‌تواند به نحو صحیح آلاینده را جمع‌آوری کند؛ در نتیجه محافظت مناسبی را تأمین نخواهد کرد. حتی می‌توان گفت که وجود هود با عملکرد نامناسب به مراتب از نبود هود خطرناک‌تر خواهد بود؛ زیرا افراد ممکن است به صرف وجود هود و تصور ایمن بودن، خود را در معرض مواجهه با مواد شیمیایی قرار دهند که در این صورت خطرات وجود یک هود معیوب از نبود آن بیشتر خواهد بود. چنانچه هودهای آزمایشگاهی درست طراحی و نصب شده باشند می‌توانند با کاهش مواجهه سبب افزایش ایمنی افراد گردند. مطالعات نشان داده‌اند که وجود سیستم تهویه موضعی تا ۹۵ درصد مواجهه افراد را کاهش می‌دهد [۵].

گاهی ممکن است با رسیدن غلظت ترکیبات آلاینده به حد قابل اشتعال و انفجار، حوادثی در آزمایشگاه رخ دهند [۲]؛ بنابراین برای داشتن سیستم تهویه مناسب و تأمین محیط ایمن برای افراد علاوه بر رعایت اصول طراحی مناسب، تعمیر و نگهداری تأسیسات تهویه و البته بررسی عملکرد هودها الزامی می‌باشد [۶،۵]. به منظور بررسی عملکرد هودها برای اطمینان از کارکرد صحیح، استانداردهایی توسط انجمن مهندسين گرمایش، تبريد و تهويه مطبوع آمریکا (ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers) تدوین و توصیه شده است. روش‌های بررسی مطابق با استاندارد ASHRAE/ANSI-110-95 شامل سه آزمون (کیفی- کمی): سرعت در دهانه هود (روش کیفی)، دود مرئی (روش کیفی) (الف: آزمون دود با حجم کم و ب: آزمون دود با حجم زیاد) و آزمون گاز ردیاب (روش کمی) انجام می‌شود. جانمایی صحیح هودها به لحاظ محل نصب و موقعیت آن‌ها نسبت به دیگر تجهیزات، موقعیت در و پنجره‌ها و وجود سیستم تهویه مطبوع از جمله عوامل تأثیرگذار بر عملکرد هودهای آزمایشگاهی هستند که باید در ارزیابی عملکرد هودها مورد توجه قرار گیرند [۷].

در این راستا، مطالعاتی در ارتباط با ارزیابی سیستم‌های تهویه موضعی و هودهای آزمایشگاه‌های مختلف از جمله آزمایشگاه‌های پتروشیمی، شرکت آب و فاضلاب و غیره با استفاده از استاندارد ASHRAE انجام شده است [۸-۱۲، ۵]؛ اما تاکنون پژوهشی به منظور ارزیابی عملکرد هودهای آزمایشگاه‌های دانشگاه‌ها صورت نگرفته است. با توجه به اینکه در این آزمایشگاه‌ها علاوه بر افراد شاغل و مسئولان فنی آزمایشگاه ممکن است دانشجویان مختلف به طور مستمر در این آزمایشگاه‌ها حضور داشته باشند، به دلیل بالای تعداد افراد در معرض مواجهه، این امر نیازمند توجه بیشتر است. شایان ذکر می‌باشد که با توجه به نوع معماری دانشگاه، مرتبط بودن

و تحلیل قرار گرفتند.

### یافته‌ها

در این مطالعه ۴۳ هود شیمیایی در آزمایشگاه‌های دانشکده‌های دانشگاه علوم پزشکی همدان بررسی شدند. از مجموع ۲۸ آزمایشگاه، ۱۲ آزمایشگاه دارای یک هود، ۱۴ آزمایشگاه دارای دو هود و دو آزمایشگاه دارای سه هود بودند. فراوانی هودها به تفکیک هر دانشکده در جدول ۱ ارائه شده است.

وضعیت سخت‌افزاری و فنی هودها در جدول ۲ ذکر شده است. نتایج نشان می‌دهند که جانمایی هودها در بیشتر آزمایشگاه به گونه‌ای طراحی شده‌اند که یک پنجره به موزات یا با زاویه ۹۰ درجه نسبت به هودها وجود داشته باشد؛ اما به‌طور عمده فاصله هودها از سیستم‌های تهویه مطبوع به میزان قابل قبول و در حد ۱/۵ متر یا بیشتر بود.

به لحاظ سخت‌افزاری همه هودها فاقد دریچه بای‌پس بودند و در برخی از هودها دریچه بالارو به سختی قابل تنظیم بود. جنس کانال‌ها به‌طور عمده از جنس لوله پلیکان با قطر زیاد بود که این قطر زیاد می‌تواند منجر به افت فشار هود گردد. به‌منظور کانال‌کشی در برخی از آزمایشگاه‌ها از زانویی‌های ۹۰ درجه‌ای و تعداد زانویی زیاد استفاده شده بود. شایان ذکر است که کانال کلیه هودهای دانشکده داروسازی و توان‌بخشی غالباً زیر پارتیشن‌های سقفی به شکل توکار استفاده شده و به‌طور کامل قابل رؤیت نبودند.

در برخی از آزمایشگاه‌ها مشاهده شد که از هواکش محوری در بالای هود استفاده شده است؛ تنها در دانشکده توان‌بخشی و داروسازی هواکش هودها از نوع سانتریفیوژی بودند و هواکش سایر دانشکده‌ها غیرسانتریفیوژی بودند. شایان ذکر می‌باشد که هیچ‌کدام از هودها دودکش مناسب پس از هواکش نداشتند.

برای ارزیابی طراحی سخت‌افزاری هودها مواردی از قبیل وجود دریچه‌های بای‌پس، سالم‌بودن دریچه بالاروی هود و سالم‌بودن بدنه هود بررسی گردید.

ذکر این نکته ضرورت دارد که در آزمایشگاه پاتولوژی اصلاً هود وجود نداشت؛ در حالی که در این آزمایشگاه از سموم آلی کلره و فسفره استفاده می‌گردید.

آزمون سرعت دهانه هود، آزمون اثر جریان متقاطع و آزمون دود مرئی عمل گردید. به این ترتیب که در این آزمون سرعت هوای ورودی به هود از راه بازبودن پنجره بالارو اندازه‌گیری شد. دهانه هود به ابعاد مساوی ۳۰×۳۰ سانتی‌متر تقسیم گردید و در موقعیت‌هایی که پنجره هود به ترتیب ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد باز بود، دهانه تقسیم‌بندی و سرعت در مرکز هر بخش توسط یک آنومتر حرارتی مدل KIMO که قبل از استفاده از آن از کالیبره‌بودن دستگاه اطمینان حاصل شده بود، اندازه‌گیری گشت. برای هودهایی با مساحت دهانه بزرگ‌تر، دهانه باز هود به ۱۶ بخش فرضی مساوی تقسیم گردیده و اندازه‌گیری سرعت در مرکز هر بخش انجام شد. شایان ذکر است که اندازه‌گیری در هر نقطه، چهار بار انجام شد و قرائت سرعت در هر نقطه پس از پنج ثانیه صورت گرفت. کلیه نقاط اندازه‌گیری، بیشینه، کمینه و میانگین سرعت ورودی در فرم مخصوص ثبت شد. نتایج سرعت دهانه هود نیز در سه طبقه کیفی دسته‌بندی شدند: کمتر از ۸۰ و بیشتر از ۱۵۰ فوت بر متر مربع = نامناسب؛ ۸۰ تا ۱۰۰ فوت بر متر مربع = نسبتاً مناسب؛ ۱۰۰ تا ۱۵۰ فوت بر متر مربع = مناسب.

آزمون اثر جریان متقاطع با استفاده از آنومتر حرارتی در فاصله ۰/۵ متری از جلوی هود و در ارتفاع ۱/۵ متری از سطح زمین در سه ناحیه چپ، راست و مرکز انجام شد. برای آزمون دود مرئی نیز از روش تولید فیوم قابل رؤیت استفاده شد. به‌منظور انجام این کار از مقداری یخ خشک و آب گرم برای تولید فیوم قابل رؤیت و مرئی‌سازی جریان هوای داخل هود استفاده گردید و بدین ترتیب جریان هوای داخل هود قابل رؤیت شد.

به‌منظور اطمینان از عدم ایجاد آشفستگی، توقف، جریان برگشتی و یا نقاط مرده از مرئی‌سازی و مشاهده الگوی جریان هوا در داخل و اطراف هود استفاده گردید. عدم ایجاد فشار منفی در فضای نصب هود و برگشت آلاینده به داخل محیط آزمایشگاه و فشار داخل محیط آزمایشگاه و محیط بیرون نیز با استفاده از فشارسنج‌های افتراقی بررسی شدند [۱۴، ۱۵]. علاوه بر این، وجود پالایشگر مناسب یا ارتفاع مناسب دودکش جهت کاهش غلظت آلاینده‌ها مورد مطالعه قرار گرفت. به‌منظور تعیین رابطه بین سرعت دهانه هود و میزان نشت مرئی از آزمون کای دو استفاده شد. در نهایت نتایج با استفاده از نرم‌افزار SPSS 19 مورد تجزیه

جدول ۱: فراوانی آزمایشگاه‌ها و هودها به تفکیک دانشکده‌ها

ردیف	دانشکده	آزمایشگاه‌ها	هودها	
			فراوانی	درصد
۱	بهداشت	۴	۷	۱۶٫۳
۲	پیراپزشکی	۱	۱	۲٫۳
۳	پزشکی	۸	۹	۲۰٫۹
۴	توان‌بخشی	۳	۳	۷
۵	داروسازی	۱۲	۲۳	۵۳٫۵
	جمع کل	۲۸	۴۳	۱۰۰

باز بود و تجهیزاتی داخل هود وجود نداشت، حداقل سرعت دهانه هود صفر و حداکثر میانگین سرعت دهانه ۲۸۹ فوت بر متر مربع بود (جدول ۳).

همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، با توجه به طبقه‌بندی کیفی انجام‌شده برای سرعت دهانه هود، نتایج بیانگر آن هستند که بیشتر هودها به لحاظ سرعت دهانه وضعیت نامناسبی دارند.

نتایج اندازه‌گیری جریان متقاطع نشان داد که در فاصله ۰/۵ متری دهانه هود، سرعت جریان هوا صفر و در برخی از آزمایشگاه‌ها که از کولر یا فن‌های تهویه مطبوع استفاده می‌کردند، مقادیر بسیار پایین و عمدتاً کمتر از ۱۰ فوت بر متر مربع بود.

علاوه‌براین، یافته‌ها حاکی از آن بودند که ۵۵/۸ درصد از

باید عنوان نمود که در آزمایشگاه‌های فیزیولوژی و بافت‌شناسی با وجود اینکه مواد شیمیایی همچون فرمالدهید و کلروفرم در این آزمایشگاه‌ها استفاده می‌شوند، هود به شکل غیرفعال درآمده بود.

فشار داخل آزمایشگاه در همه آزمایشگاه‌های مورد بررسی منفی و بین ۱- تا ۳- پاسکال متغیر بود و تنها در آزمایشگاه‌های حیوان‌خانه، انگل‌شناسی و قارچ‌شناسی اختلاف فشار بین محیط داخل آزمایشگاه و بیرون آن وجود نداشت.

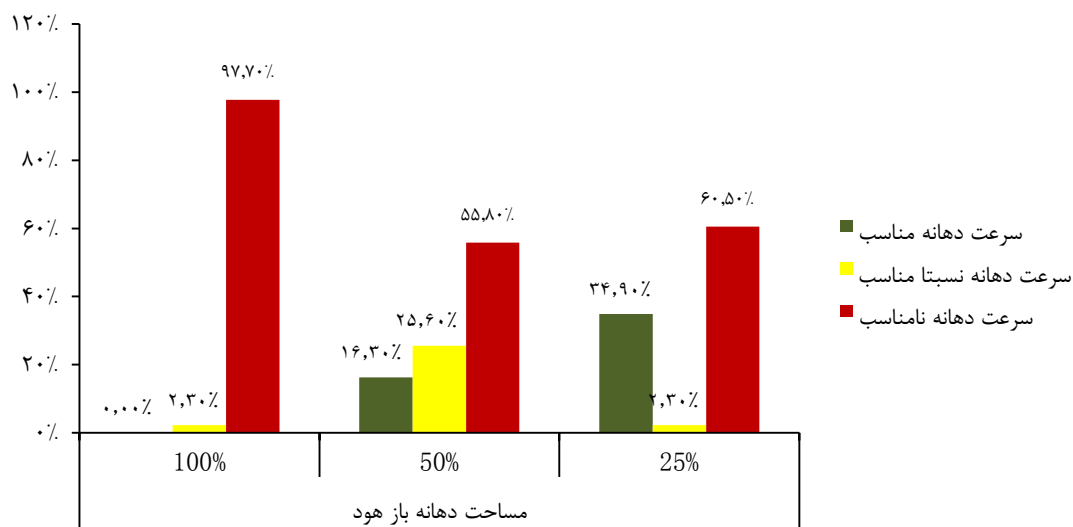
علاوه‌براین، نتایج نشان دادند که بیشتر هودها به لحاظ سرعت دهانه وضعیت نامطلوبی داشتند. در شرایطی که دهانه هود ۱۰۰ درصد باز و داخل هود خالی از تجهیزات آزمایشگاهی بود، حداقل سرعت صفر و حداکثر سرعت دهانه هود ۹۶/۱۶ فوت بر متر مربع بود. همچنین در شرایطی که دهانه هود ۲۵ درصد

جدول ۲: وضعیت مشخصات فنی هودهای مستقر در آزمایشگاه‌های مورد مطالعه

مشخصات هود	مناسب	نسبتاً مناسب	نامناسب
سخت‌افزار هود	۰ درصد	۴۸/۸ درصد	۵۱/۲ درصد
جانمایی هود	۱۶/۳ درصد	۳۹/۵ درصد	۴۴/۲ درصد
کانال‌کشی هود	۴/۷ درصد	۳۷/۲ درصد	۲۵/۶ درصد
هواکشی	۲/۳ درصد	۱۸/۶ درصد	۷۹/۱ درصد

جدول ۳: میانگین، حداقل و حداکثر سرعت دهانه هود در مساحت‌های مختلف دهانه باز هود

متغیر	وجود تجهیزات در زیر هود	میانگین و انحراف معیار (fpm)	حداقل	حداکثر (fpm)
سرعت دهانه در حالت ۱۰۰ درصد	نداشت	۴۳/۱۰ ± ۲۳/۸۹	۰	۹۳
	داشت	۴۲/۲۰ ± ۲۴/۱۵	۰	۹۶/۱۶
سرعت دهانه در حالت ۵۰ درصد	نداشت	۷۲/۸۹ ± ۳۵/۴۰	۰	۱۵۰/۹۱
	داشت	۷۱/۵۷ ± ۳۴/۷۳	۰	۱۵۴
سرعت دهانه در حالت ۲۵ درصد	نداشت	۱۲۰/۲۰ ± ۵۸/۲۸	۰	۲۳۹/۷۵
	داشت	۱۲۴/۷۳ ± ۶۲/۸۲	۰	۲۸۹



شکل ۱: وضعیت سرعت دهانه در سه حالت مساحت باز دهانه هود

هود، نشتی قابل رؤیت نداشتند و ۵۰٪ درصد دارای نشتی قابل رؤیت بودند که این نشتی در برخی از هودها مقادیر جزئی و در برخی دیگر بسیار زیاد بود و بیشتر نشتی‌ها از گوشه‌های پایین هود اتفاق افتاده بودند. باید خاطر نشان ساخت که در هودهای دارای نشتی، مکش یک طرفه و یا نامناسب بود و در برخی از هودها که سرعت دهانه هود بالا بود؛ در حالتی که دهانه هود ۲۵ درصد باز بود نیز به دلیل اغتشاش جریان هوای داخل هود، نشتی قابل رؤیت افزایش داشت.

همچنین، نتایج آزمون کای دو نشان داد که رابطه بین سرعت دهانه هود و میزان نشت قابل رؤیت که پس از مرئی‌سازی جریان هوا انجام شد، معنادار نبود ( $P=0/512$ ). علاوه بر این، بازدید دوره‌ای و بررسی کارایی هودها به‌طور سالانه انجام نمی‌شد و برگه‌ای که نشان‌دهنده مشخصات و تاریخ آخرین بازرسی هودها باشد وجود نداشت.

مطابق با نتایج جدول ۳، وجود وسایل و تجهیزات داخل هود موجب شده است تا میانگین سرعت دهانه هود کمتر باشد. در این ارتباط می‌توان گفت که وجود وسایل زیر هود به دلیل ایجاد مانع سبب تلاطم در جریان هوای مکشی و افت فشار شده و به دنبال آن سرعت دهانه هود کاهش یافته است. نتایج مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۵ در آمریکا توسط Kwangseog Ahn و همکاران انجام شد، نشان داد که به‌هم‌ریخته‌بودن هود به لحاظ آماری تأثیر معناداری ندارد؛ اما به‌عنوان یک عامل مداخله‌گر با دیگر فاکتورها مانند ارتفاع در بالارو، بار حرارتی و غیره عمل می‌کند [۱۷] که این مهم با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد.

در مطالعه حاضر رابطه بین سرعت دهانه هود و میزان نشت قابل رؤیت که پس از مرئی‌سازی جریان هوا انجام شد، معنادار نبود؛ به این دلیل که سرعت دهانه هودها در مساحت‌های مختلف دهانه مناسب نبوده و مقادیر سرعت بسیار پایین بوده است؛ بنابراین رابطه معناداری بین این دو متغیر به‌دست نیامد؛ درحالی که با افزایش سرعت دهانه هود تا حد مشخص، میزان نشتی باید کاهش یابد؛ زیرا افزایش سرعت امکان به‌دام‌اندازی آلاینده را افزایش می‌دهد.

از سوی دیگر، در مطالعه حاضر کمترین سرعت دهانه هود در حالتی به‌دست آمد که مساحت دهانه باز هود ۱۰۰ درصد بود و در حالت‌هایی که در بالارو در ارتفاع پایین‌تر قرار داشت، سرعت دهانه بیشتر بود. در مطالعه‌ای Kwangseog Ahn و همکاران درجات بازبودن در بالارو را مهم‌ترین فاکتور تأثیرگذار بر عملکرد هود دانستند و به دنبال آن حرکات دست، بازو و تنه کاربر و بار حرارتی را فاکتورهای مهم و مؤثر قلمداد کردند. همچنین، عنوان نمودند که کاهش ارتفاع در بالاروی هود پتانسیل بالقوه مواجهه با آلاینده‌های تولیدشده در هود را کاهش می‌دهد [۱۷] که این مهم با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد.

از جمله محدودیت‌های این مطالعه طراحی نامناسب هودها در برخی از آزمایشگاه‌ها بود؛ به‌طوری که برخی از هودها مطابق با اصول علمی ساخته نشده نبودند و این امر بررسی پارامترهای

هودها نشتی قابل رؤیت نداشتند و ۵۰٪ درصد دارای نشتی قابل رؤیت بودند که این نشتی در برخی از هودها مقادیر جزئی و در برخی دیگر بسیار زیاد بود و بیشتر نشتی‌ها از گوشه‌های پایین هود اتفاق افتاده بودند. باید خاطر نشان ساخت که در هودهای دارای نشتی، مکش یک طرفه و یا نامناسب بود و در برخی از هودها که سرعت دهانه هود بالا بود؛ در حالتی که دهانه هود ۲۵ درصد باز بود نیز به دلیل اغتشاش جریان هوای داخل هود، نشتی قابل رؤیت افزایش داشت.

همچنین، نتایج آزمون کای دو نشان داد که رابطه بین سرعت دهانه هود و میزان نشت قابل رؤیت که پس از مرئی‌سازی جریان هوا انجام شد، معنادار نبود ( $P=0/512$ ).

علاوه بر این، بازدید دوره‌ای و بررسی کارایی هودها به‌طور سالانه انجام نمی‌شد و برگه‌ای که نشان‌دهنده مشخصات و تاریخ آخرین بازرسی هودها باشد وجود نداشت.

## بحث

در این مطالعه به‌منظور ارزیابی عملکرد هودها، سرعت دهانه هود سنجیده شد. در مطالعه اسماعیلی و همکاران در سال ۱۳۹۲ با هدف بررسی عملکرد هودهای پتروشیمی، اندازه‌گیری سرعت دهانه به‌عنوان یک روش مطمئن جهت ارزیابی هودهای آزمایشگاهی بیان شده است [۹]. کریمی زارع نیز در مطالعه‌ای در سال ۱۳۸۶ به‌منظور ارزیابی آلودگی هوا و سیستم‌های تهویه آزمایشگاه‌های شرکت آب و فاضلاب، میزان آلاینده‌های نشت‌یافته از هود آزمایشگاهی را نمونه‌برداری و تجزیه نمود. با وجود اینکه در برخی از مطالعات اندازه‌گیری سرعت هوا در دهانه هود به‌عنوان یک روش معتبر توصیه نمی‌شود؛ اما در مطالعه زارع تا حد زیادی بین نتایج حاصل از اندازه‌گیری سرعت در دهانه هود با نتایج اندازه‌گیری آلاینده‌های هوا همخوانی وجود داشت [۱۰].

نتایج مطالعه حاضر نشان داده برخی از هودها دارای سرعت دهانه بسیار پایین و نزدیک به صفر بودند. این یافته در مساحت‌های دهانه باز مختلف نیز بررسی گردید و نتیجه یکسانی به‌دست آمد که عمدتاً به دلیل نامناسب‌بودن هواکش به لحاظ توان مورد نیاز یا معیوب‌بودن هواکش‌ها بود.

در مطالعه حاضر به دلیل اینکه امکان روشن نمودن سیستم تهویه مطبوع وجود نداشت، تأثیر جریان متقاطع هوای ناشی از سیستم تهویه مطبوع در آزمایشگاه کامل بررسی نشد؛ درحالی که نتایج مطالعه Kevin H. Dunn نشان داد که تهویه‌کننده‌های هوای اتاق تأثیر نامطلوبی بر عملکرد سیستم تهویه داشتند؛ درحالی که در دی‌های بالای هود، تأثیر تهویه‌کننده‌های هوا بر سرعت جریان دهانه هود به میزان حداقل بود [۱۶].

در هودهایی که سرعت دهانه بالا بود، زمانی که ۲۵ درصد از دهانه هود باز بوده است به دلیل اغتشاش جریان هوای داخل



مورد نظر را با مشکل مواجه می‌ساخت.

توسط افراد متخصص صورت گیرد و آموزش‌های لازم برای استفاده صحیح از هودها به کاربران آن‌ها اعم از کارکنان یا دانشجویان ارائه گردد.

## نتیجه‌گیری

بیشتر هودها از نظر سخت‌افزاری و به لحاظ فنی وضعیت مطلوب و مناسبی نداشتند. بازرسی‌های دوره‌ای هودها نیز به‌طور مرتب انجام نمی‌شود. با توجه به ارزیابی‌های صورت‌گرفته، وضعیت نامطلوب هودها به‌طور عمده ناشی از نامناسب بودن هواکش و یا معیوب بودن هواکش می‌باشد. در این راستا لازم است بررسی عملکرد هودها به لحاظ فنی در بازه‌های زمانی منظم

## تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله نویسندگان مراتب تشکر و قدردانی خود را از مسئولان دانشگاه علوم پزشکی همدان به دلیل حمایت مالی از این مطالعه که در قالب طرح پژوهشی دانشجویی با شماره ۹۵۱۰۱۴۵۹۸۳ انجام شده است ابراز می‌دارند.

## REFERENCES

- Malakouti J, Rezazade Azari M, Goneh Farahani A. Occupational exposure risk assessment of researchers to harmful chemical agents. *Med J Mil Med*. 2010;**13**(3-4):31-5. [Persian]
- Olin GR. The hazards of a chemical laboratory environment - a study of the mortality in two cohorts of Swedish chemists. *Am Ind Hyg Assoc J*. 1987;**39**(7):557-62. PMID: 567938 DOI: 10.1080/0002889778507808
- Malakouti J, Jang S, Mosaferchi S, Haseli F, Azizi F, Mahdinia M. Health risk assessment of occupational exposure to hazardous chemicals in laboratories of Qom University of Medical Sciences. *Iran Occupat Health*. 2014;**11**(2):13-25. [Persian]
- Abbas M, Zakaria AM, Balkhyour MA, Kashif M. Chemical safety in academic laboratories: an exploratory factor analysis of safe work practices & facilities in a university. *J Saf Stud*. 2016;**2**(1):1-4.
- Nor MR. Effectiveness of local exhaust ventilation systems in reducing personal exposure. *J Appl Sci*. 2014;**14**(13):1365. DOI: 10.3923/jas.2014.1365.1371
- Marlow DA, Looney T, Reutman S. An evaluation of local exhaust ventilation systems for controlling hazardous exposures in nail salons. Division of Applied Research and Technology Engineering and Physical Hazards Branch EPHB Report; 2012.
- American Society of Heating, Refrigerating and air-conditioning engineers. Atlanta: Method of Testing Performance of Laboratory Fume Hoods; 1985.
- Ahmadpour A, Jahan Fathi K. Performance evaluation central laboratory hoods special zone petrochemical research and technology company. First National Conference on Health, Safety & Environment (HSE), Islamic Azad University of Mahshahr, Mahshahr; 2011.
- Arezoo E, Farideh G, Soodabeh Z. Qualitative assessment of local ventilation in petrochemical company laboratories for reducing staffs exposure. *J Occupat Health Engin*. 2014;**1**(3):60-6. [Persian]
- Karimizare A. Evaluation of air pollution and ventilation systems exist in Tehran water and waste water co. laboratories and design of effective ventilation systems. Research and Science UNI, Islamic Azad University, Tehran; 2007-2008. [Persian]
- Jafari MJ, Kalantari S, Zendeheel R, Sarbakhsh P. The possibility of applying less tracer gas in ASHRAE-110-95 method of hood performance test. *Saf Promot Injury Prev*. 2013;**1**(3):160-7. [Persian]
- Mari Oriyad H, Zare Derisi F, Jahangiri M, Rismanchian M, Karimi A. Evaluation of heating, ventilation, and air conditioning (HVAC) system performance in an administrative building in Tehran (Iran). *Health Saf Work*. 2014;**4**(3):59-66. [Persian]
- Laboratory self-inspection checklist. University of Manitoba. Available at: URL: [http://www.umanitoba.ca/admin/human\\_resources/ehso/media/CLIPInspectChecklistDec06.pdf](http://www.umanitoba.ca/admin/human_resources/ehso/media/CLIPInspectChecklistDec06.pdf); 2016.
- Diberardinis LJ. American national standard for laboratory ventilation. New York: American Industrial Hygiene Association; 1993.
- Halid MH. A study on the performance of local exhaust ventilation system using Mahalanobis approach. [Doctoral Dissertation]. Malaysia: University Malaysia Pahang; 2013.
- Dunn KH, Tsai CS, Woskie SR, Bennett JS, Garcia A, Ellenbecker MJ. Evaluation of leakage from fume hoods using tracer gas, tracer nanoparticles and nanopowder handling test methodologies. *J Occup Environ Hyg*. 2014;**11**(10):D164-73. DOI: 10.1080/15459624.2014.933959
- Ahn K, Ellenbecker MJ, Woskie SR, DiBerardinis LJ. Effects of work practices and upper body movements on the performance of a laboratory fume hood. *J Chem Health Saf*. 2016;**23**(6):2-9. DOI: 10.1016/j.jchas.2015.10.022