مقاله پژوهشی

پایداری، توسعه و محیط زیست، دوره پنجم، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۳ (۵۰-۳۳)

سنجش و اندازه‌گیری عناصر سنگین و آلاینده‌های زیست محیطی در چمن‌های مصنوعی

آلاله قلی‌پور پیوندی [۱]

مژگان زعیم‌دار [۲]

هومن بهمن‌پور [۳*]

hooman.bahmanpour@yahoo.com

سعید ملماسی [۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۴/۲۱ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۳**

چکیده

زمینه و هدف: هدف تحقیق، سنجش عناصر و ترکیبات سمی موجود در کفپوش‌های چمن مصنوعی مورد استفاده در اماکن ورزشی و فضاهای تفرجی است.

روش بررسی: این تحقیق از نوع کاربردی و به روش آزمایشگاهی است. عناصر سنگین، منومر، هیدروکربن آزاد و ترکیبات فنولی اندازه‌گیری شدند. برای سنجش آلاینده‌ها از دستگاههای اسپکترومتر نشر اتمی پلاسما (ICP-OES) مدل Vista Pro و اسپکتروفتومتر اشعه مرئی و ماورائ‌بنفش مدل 1240 mini استفاده شد. آزمایشات سه مرتبه تکرار شدند. برای تعیین حد مجاز مواجهه، از شاخص متوسط وزنی – زمانی (OEL-TWA) استفاده شد.

یافته‌ها: بیشترین ترکیب موجود در ساختار این نوع کفپوش، متعلق به ترکیب اکسید تیتانیوم (TiO_2) با میزان ۴۷۸۰ ppm و پس از آن دی‌اکتیل فتالات با ۲۸۰۰ ppm و سپس، ایزوپرن با ۲۶۷۰ ppm می‌باشد. آنالیز ترکیبات غیرآلی نشان می‌دهد که بالاترین میزان عنصر موجود در ساختار این نوع کفپوش، متعلق به عنصر روی (Zn) با میزان ۱۵۰۷ ppm و سپس عنصر کبالت (Co) با ۱۴۵ ppm می‌باشد. نتایج نشان داد که اختلاف زیادی میان استاندارد و حد مجاز آلاینده‌ها با اعداد حاصل از آزمایشات وجود دارد. ۲ آلاینده آرسنیک و کروم با قابلیت «سرطان‌زایی تایید شده انسانی» در ساختار چمن مصنوعی شناسایی شدند. سیلیس نیز به عنوان «آلاینده‌های مشکوک به

۱- دانشجوی دکتری تخصصی، علوم محیط زیست، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- استادیار گروه مدیریت محیط زیست، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۳- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده فنی و مهندسی، واحد شاهرود، دانشگاه آزاد اسلامی، شاهرود، ایران. * (مسوول مکاتبات)

۴- استادیار گروه علوم محیط زیست، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

سرطان‌زایی در انسان»، شناسایی شد. سرب نیز به عنوان «سرطان‌زایی تایید شده برای حیوان با ارتباط ناشناخته بر انسان» شناسایی شد و ۱۱ مورد بعنوان «غیرقابل طبقه‌بندی به عنوان یک عامل سرطان‌زای انسانی» سنجش شدند.

بحث و نتیجه‌گیری: برخی از عناصر و ترکیبات موجود در ساختار کفپوش‌های ورزشی، دارای رنجی بالاتر از استانداردها و حدود مجاز مواجهه هستند که این امر می‌تواند بر سلامت کاربران تاثیرگذار باشد و از سوی دیگر، امکان آسیب‌رسانی به محیط زیست را دارا است.

واژه‌های کلیدی: پایش زیست محیطی، فلزات سنگین، ترکیبات آلاینده، کفپوش ورزشی، چمن مصنوعی

J. Sus. Dev. & Env., Vol 5, No.3, Autumn 2024, pp.33-50

Measurement of heavy elements and environmental pollutants in artificial grass

Alaleh Gholipoor Peyvandi [1]
Mojgan Zaeimdar [2]
Hooman Bahmanpour [3*]
hooman.bahmanpour@yahoo.com
Saeid Malmasi[4]

Admission Date:February 12, 2024 Date Received: July 12, 2023

Abstract

Background and Objective: The aim of the research is to measure the elements and toxic compounds in artificial grass floors used in sports and recreational areas.

Material and Methodology: This research is applied and laboratory method. Heavy elements, monomer, free hydrocarbon and phenolic compounds were measured. To measure the pollutants, ICP-OES model Vista Pro and visible and ultraviolet spectrophotometer model 1240 mini were used. The experiments were repeated three times. Time-weighted average (OEL-TWA) was used to determine the exposure limit.

Findings: The most compound in the structure of this type of flooring belongs to titanium oxide (TiO2) compound with 4780 ppm, followed by dioctyl phthalate with 2800 ppm and then isoprene with 2670 ppm. The analysis of inorganic compounds shows that the highest element content in the structure of this type of flooring belongs to zinc element (Zn) with 1507 ppm and then cobalt element (Co) with 145 ppm. The results showed that there is a big difference between the standard and the permissible limit of pollutants with the numbers obtained from the tests. 2 pollutants arsenic and chromium with "confirmed human carcinogenicity" were identified in the artificial grass structure. Silica was also identified as "pollutants suspected of carcinogenicity in humans". Lead was also identified as "confirmed animal carcinogen with unknown relevance to humans" and 11 cases were assessed as "not classifiable as a human carcinogen".

Discussion and Conclusion: Some of the elements and compounds in the structure of sports flooring have a range higher than the standards and permissible limits of exposure, which can affect the health of users, and on the other hand, it has the possibility of harming the environment.

Keywords: environmental monitoring, heavy metals, pollutant compounds, sports flooring, artificial grass

1- Ph.D. Student of Environmental Science, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2- Assistant Prof., Department of Environment, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3- Assistant Prof., Department of Environment, Shahrood Branch, Islamic Azad University, Shahrood, Iran. *(*Corresponding Author*)
4- Assistant Prof., Department of Environment, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

مقدمه

انواع مختلف کفپوش‌های تولید شده از مواد گوناگون، در مکان‌ها و شرایط متفاوت استفاده‌های متنوعی دارند. یکی از انواع پرکاربردکفپوش‌های ورزشی و تفرجی، چمن‌های مصنوعی می‌باشد که از آن‌ها در فضاهای باز و سرپوشیده استفاده می‌شود (۱). چمن مصنوعی همواره جایگزینی بسیار مناسب و ارزان برای چمن طبیعی بوده است، به طوری که برای تجهیز زمین گلف، هاکی روی چمن، زمین چمن فوتبال و سایر رشته‌های ورزشی به کار می‌رود. از این‌رو، یکی از کفپوش‌های ورزشی بسیار متداول به شمار می‌رود. چمن مصنوعی در قیاس با چمن طبیعی مزایای زیادی دارد که از آن جمله می‌توان به موارد زیر می‌توان اشاره داشت:

- همیشه سبز است و زیباست.
- متراکم ترو مقاوم تر از چمن طبیعی است.
- در مساحت‌های کم هم قابل استفاده است، مانند بالکن‌ها
- به نسبت چمن طبیعی هزینه نگهداری کمتری را می‌طلبد.
- در برابر سرما و گرما مقاوم‌تر از چمن طبیعی عمل می‌کند.
- قابل استفاده در مکان‌هایی است که امکان رشد چمن در آن میسر نیست. مانند زمین فوتبال و ...

از سوی دیگر، معایبی نیز دارد که عبارتند از: بالا بودن هزینه‌های اجرایی و تعمیرات، انتقال گرما و حرارت محیط به فضای پیرامون و عدم توانایی برای تعدیل دما، عدم توانایی در جذب آب، عدم توانایی برای تولید اکسیژن (۲).

امروزه، الزامات و استانداردهای متعددی برای کفپوش‌ها وضع گردیده است. مراکز علمی هر یک از زاویه دید خود نسبت به استاندارد نمودن این تجهیزات و نیز اطمینان حاصل نمودن از کارایی و راندمان بالای آنها اقدام به طراحی و تدوین دستورالعمل‌ها و ضوابط نموده‌اند. نکته حایز اهمیت آن است که اکثر این موارد، شامل جنبه‌های ایمنی و ملاحظاتی است که به مقوله‌های کیفی رشته ورزشی مورد نظر اشاره دارد. به‌طور مثال، فاکتورهای عمده که در اکثر استانداردها قید شده است و در کفپوش‌های ورزشی مورد بررسی قرار می‌گیرند، عبارتند از: میزان اصطکاک، قابلیت جذب ضربه، ضربه برگشت توپ، میزان براقیت چشمی، بازتاب چشمی، مقاومت در برابر ضربه، مقاومت در برابر بار چرخشی و مقاومت در برابر آتش. ولیکن؛ مساله‌ای که عمدتاً مغفول واقع شده است، فاکتورهای محیط زیستی و بهداشتی می‌باشد. به طوری که نوع، میزان و نحوه انتشار ترکیبات و مواد آلاینده احتمالی در ساختار این کفپوش‌ها کمتر مورد بررسی قرار می‌گیرد. حال آنکه سلامت ورزشکاران و کاربران تا حد زیادی به کیفیت محیطی مربوط بوده که این مواد و ترکیبات در آن اثرگذار خواهند بود.

سازمان جهانی بهداشت[1] از جمله مواردی را که برای حصول ورزش و تفرج سالم مورد اشاره قرار داده است، عبارتند از محیط فیزیکی ایمن و سالم، کیفیت مطلوب محیطی و همچنین تامین نیازهای اولیه بشر. بی‌شک، با توجه به رویکرد اخیر، ارتقای سطح ایمنی و سلامت کاربران (ورزشکاران و ...)، منوط به فراهم‌سازی شرایط کیفی و پایدار برای محوطه‌های ورزش، تفریح و بازی می‌باشد. این مهم نیز در مرحله نخست مستلزم برقراری شرایط فیزیکی ایمن و ساخت و تجهیز محوطه‌های ورزش و بازی، مبتنی بر اصول ایمنی خواهد بود (۵).

ورزش و فعالیت‌های بدنی هر روز اهمیت بیشتری می‌یابند و نقش مهمی در برقراری و حفظ سلامت افراد، ایجاد می‌کنند (۶) و موجب ارتقای کیفیت زندگی و سطح رضایت‌مندی ورزشکاران می‌شود (۷). با این حال، نتایج تحقیقات نشان داده است که در برخی از موارد، فعالیت‌های ورزشی با وجود فواید بی‌شماری که دارند، افراد و ورزشکاران را دچار آسیب جسمانی فراوانی می‌کنند (۸). انجام ورزش در محیطی آلوده و به دور از استانداردهای فنی و بهداشتی باعث افزایش مشکلات بهداشتی جامعه می‌گردد و به جای بهبود کمی و کیفی سطح سلامت، موجبات ابتلای افراد به بیماری‌های مختلف را فراهم می‌آورد (۹). این آسیب‌ها می‌توانند

1- World Health Organization (WHO)

دلایل متفاوتی مانند کیفیت نامناسب اماکن و تجهیزات ورزشی، آمادگی جسمانی نداشتن ورزشکاران، آگاهی نداشتن برخی از مربیان از انواع آسیب‌ها و ... باشد (۱۰). نتیجه نهایی، آسیب‌دیدگی، از کار افتادگی، تحمل هزینه‌های درمانی، کاهش انگیزه و خدشه‌دار شدن اعتبار ورزش خواهد شد (۱۱).

برخی از جنبه‌های بهداشتی و زیست محیطی که می‌تواند در کفپوش‌های ورزشی و همچنین کفپوش‌های مورد استفاده در زمین‌های بازی کودکان مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد، آلاینده‌های سمی هستند. منظور از آلاینده؛ ترکیبات، عناصر و موادی هستند که در ساختار کفپوش‌های ورزشی مورد استفاده قرار گرفته و در هنگام فعالیت ورزشی دچار واپاشی، تصعید، انتشار و انحلال می‌گردند (۱۲-۱۴). زمان واپاشی؛ به مدت زمانی اشاره دارد که آلاینده مذکور در اثر استفاده و فعالیت ورزشی دچار انتشار شده و محیط را آلوده می‌نماید. برخی از آلاینده‌ها بلافاصله پس از تماس واپاشی می‌نمایند و برخی دیگر در اثر استفاده طولانی مدت و یا در اثر تماس با محلول‌ها و نظافت و شستشو (۱۵). شدت مخاطره؛ میزان سمیت و یا نحوه اثر آلاینده بر سلامتی کاربر و ورزشکار است (۱۶). در جدول ۱، به برخی از عناصر و ترکیبات شیمیایی سمی که در ساختار این نوع از کفپوش‌ها استفاده می شوند، اشاره می‌گردد.

جدول ۱- ترکیبات و مواد سمی مورد استفاده در انواع کفپوش‌ها (۱۷-۲۴)

Table 1. Compounds and toxic substances used in all types of floor coverings

ماده/ ترکیب	توضیحات
اپوکسی	خطر اولیه در استفاده از اپوکسی غالباً مربوط به ترکیب سخت‌کننده است نه خود رزین اپوکسی. به ویژه سخت‌کننده آمین که بسیار خورنده است، ولیکن ممکن است به‌عنوان مواد سمی، سرطان‌زا/ جهش‌زا نیز طبقه‌بندی شوند. آمین‌های آروماتیک آسیب‌زا هستند (بیشتر آنها مواد سرطان‌زای شناخته شده هستند و یا گمان می‌رود که سرطان‌زا باشند)، ولی مصرف آنها اکنون محدود به موارد صنعتی خاصی می‌شود و امروزه معمولاً از آمین‌های الیفاتیک و سیکلوالیفاتیک کم خطرتر استفاده می‌شود. رزین‌های مایع اپوکسی غالباً به‌عنوان سوزش‌آور برای چشم و پوست طبقه‌بندی می‌شوند و برای آبزیان نیز سمی هستند. رزین‌های جامد اپوکسی معمولاً از رزین‌های مایع بی‌خطرترند، و بسیاری از آنها به‌عنوان مواد بی‌خطر طبقه‌بندی می‌شوند. تماس با اپوکسی واکنش آلرژیک ایجاد می‌نماید. حساسیت‌زایی عموماً به‌خاطر مواجه مکرر (مثلاً بهداشت ضعیف در محل کار و فقدان ابزارهای حفاظتی) در طولانی‌مدت رخ می‌دهد. واکنش‌های آلرژیک به شکل آماس پوست، به‌خصوص در نواحی که در تماس زیاد است (دست و بازوها) رخ می‌دهد. مصرف اپوکسی منبع اصلی آسم شغلی در تولیدکنندگان پلاستیک است.
ترکیبات آلی فرار (VOCs)	ترکیبات شیمیایی آلی هستند که در دمای اتاق دارای فشار بخار بالایی هستند. این فشار بخار بالا که به دلیل پایین بودن نقطه جوش این مواد است، موجب می‌شود که تعداد مولکول‌های قابل توجهی از این مواد در اثر فرایند تبخیر یا تصعید به حالت گاز درآمده و در هوای اطراف منتشر شوند. به عنوان مثال می‌توان به فرمالدهید اشاره نمود. این ماده به آرامی از ترکیب رنگ‌ها جدا شده و در هوا منتشر می‌شود. ترکیبات آلی فرار، ترکیباتی بسیار متنوع و در همه جا پراکنده می‌باشند. برخی از انواع این ترکیبات به صورت طبیعی یافت می‌شوند و برخی دیگر نیز به دست انسان ایجاد شده‌اند. بسیاری از عطرها و مواد بودار از ترکیبات آلی فرار تشکیل شده‌اند. تعدادی از این ترکیبات برای سلامتی انسان یا محیط زیست مضر می‌باشند. محدوده مقدار مجاز غلظت این نوع مواد مضر در محیط (بویژه در یک فضای بسته) به صورت قانونی تعیین شده است. مواد آلی فرار مضر ممکن است سمی نباشند، ولی در طولانی‌مدت اثرات مخرب بر سلامتی انسان و محیط زیست داشته باشند.
فلزات سنگین	اصطلاحی در شیمی است که به فلزها یا شبه‌فلزهای دارای اثرات زیست‌محیطی اشاره دارد. خاستگاه این واژه، از خطرناکی و آسیب‌زایی فلزهای سنگین در محیط زیست برآمده است و منظور از آن بیشتر سرب، جیوه و کادمیوم بوده‌است (به دلیل چگالی بیشتر آن‌ها نسبت به آهن)؛ با این‌حال، امروزه همه فلزها و شبه‌فلزهای آسیب‌رسان و سمی را در بر می‌گیرد. فلزات سنگین به گروهی از فلزات سنگین اطلاق می‌گردد که دارای وزن مخصوص بیش از ۶ گرم بر مترمکعب یا جرم اتمی بیشتر از ۵۰ می‌باشند.

	فلزات سنگین تجزیه نمی‌شوند و به تدریج در بدن تجمع می‌یابند. در بافت‌های چربی، عضلات، استخوان‌ها و مفاصل انسان رسوب نموده و انباشته می‌گردند. ضعف عمومی در عضلات، کاهش اشتها، تهوع، التهاب غشاهای مخاطی چشم، بینی و حنجره و همچنین ضایعات پوستی مشکلات باروری، اختلالات روانی و عصبی و بیماری‌های قلبی از عوارض مواجهه با آرسنیک است. سرطان پوست در اثر مواجهه مزمن با آرسنیک نیز تأیید شده‌است. سرب باعث آسیب جدی مغزی مثل عقب‌ماندگی ذهنی، اختلالات رفتاری، مشکلات حافظه و تغییرات خلقی می‌شود. مهمترین اثر سرب اختلال در نمو عصبی کودکان می‌باشد. از دیگر عوارض سرب می‌توان به اختلال بیوسنتز هموگلوبین و کم‌خونی، سقط جنین و نارسی نوزاد اشاره کرد، همچنین در افراد بزرگسال نیز می‌تواند فشار خون را افزایش دهد. فلز روی در بدن انسان، در غلظت بالا، در پروستات، استخوان، عضله و کبد گزارش شده است. بعضی از عوارض نامطلوب آن عبارتند از مسمومیت، تب، تهوع، استفراغ و اسهال متعاقب مصرف نوشیدنی‌های اسیدی یا غذاهایی که در ظروف گالوانیزه تهیه و نگهداری می‌شوند. فلزهای سنگین به‌شدت سمی هستند و از طریق عوامل مردم‌زاد وارد محیط زیست می‌شوند.
زایلن (Xylene)	عبارتی است که در مورد مخلوط سه ایزومر زایلین یعنی اورتو-زایلین، متا-زایلین و پارا-زایلین استفاده می‌شود. از عمده کاربردهای این مخلوط به عنوان حلال در صنایع مختلف است.

براساس بررسی صورت گرفته، تاکنون هیچ مطالعه‌ای در ایران در ارتباط با سنجش آلاینده‌های زیست محیطی و بهداشتی کفپوش‌های ورزشی صورت نگرفته است. ولیکن؛ برخی مطالعات در زمینه استانداردهای ایمنی و کارآیی انواع کفپوش‌ها در کشور انجام شده است. به طور مثال: سازمان ملی استاندارد (۱۳۹۰)؛ اقدام به تدوین سند استاندارد کفپوش‌های ورزشی ویژه سالن‌های چندمنظوره نمود. هدف از تدوین این استاندارد تعیین ویژگی‌های کفپوش‌های ورزشی چندمنظوره ویژه اماکن سرپوشیده می‌باشد. به علاوه این استاندارد ارزیابی انطباق محصولات را با الزامات مطرح شده، فراهم می‌آورد (۲۵). البته در این استاندارد نیز تماماً بر جنبه‌های فنی و کاربردی کفپوش‌ها تاکید شده است و هیچ ضابطه و یا ملاحظه‌ای در مورد جنبه‌های بهداشتی و محیط زیستی ارایه نگردیده است. همچنین؛ شرکت ملی گاز ایران، اقدام به انتشار دستورالعملی به نام «راهنمای بهداشتی اماکن و سالن‌های ورزشی» (۱۳۸۵) نموده است که البته در آن به مقوله جنس کفپوش‌ها و الزامات مربوط عناصر موجود در بافت و ساختار آنها پرداخته نشده است و صرفاً بر جنبه‌های فنی و مواردی نظیر شستشو و مراقبت فیزیکی تاکید گردیده است (۲۶). حسین‌پور و همکاران (۱۳۹۸)، الگویی برای استقرار ایمنی در محیط‌های ورزشی معرفی نمودند (۲۸). این الگو براساس نظر خبرگان و با روش تحلیل عاملی طراحی شد. براساس این الگو توصیه می‌شود که به نقش مقوله‌های مختلف در ایمنی محیط‌های ورزشی برای پیشگیری از حوادث توجه شود. توجه ویژه به بسترها و عوامل ارتقادهندهٔ ایمنی در محیط‌های ورزشی می‌تواند ایمنی در ورزش را ارتقا دهد و از بروز حوادث در ورزش پیشگیری کند. غلامی ترکسلویه و همکاران (۱۳۹۴)، وضعیت ایمنی و بهداشتی سالن‌های چندمنظوره ورزشی و رابطه آن با وقوع آسیب‌های ورزشی را ارزیابی کردند (۲۹). آنها از چک‌لیست سنجشی استفاده کردند و نتایج نشان داد سالن‌های مورد مطالعه از دیدگاه ایمنی تجهیزات و لوازم ورزشی ۶۳/۹ درصد ایمنی را دارا بودند و از دیدگاه بهداشتی ۴۷/۶ درصد از مطلوبیت برخوردار بودند. فاطمه عبدوی (۱۳۹۴)، در یک تحقیق دانشگاهی، آیین‌نامه استاندارد و ایمنی اماکن ورزشی را برای دانشگاه تبریز نگارش نمود که در بخشی از آن، به لزوم ممنوعیت و عدم استفاده از ترکیبات پلی‌یورتان، پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن در ساختار کفپوش‌های ورزشی اشاره نموده است (۳۰). از جمله مطالعاتی که در سایر کشورها در این خصوص صورت گرفته است، می‌توان به تدوین استاندارد ASTM F2772 در ایالات متحده اشاره داشت. این استاندارد در سال ۲۰۰۹ در کشور آمریکا و ویژه کفپوش‌های ورزشی تدوین شده است. این استاندارد به دو مولفه اصلی کاهش نیرو و برگشت توپ اشاره دارد و موارد بهداشتی و زیست محیطی را شامل نمی‌شود (۳۲).

مساله اصلی تحقیق حاضر، بررسی میزان عناصر و ترکیبات سمی و آلاینده (احتمالی) در چمن مصنوعی می‌باشد. محقق به دنبال آن است تا با بررسی و آنالیز شیمیایی این نوع از کفپوش، به نوع، میزان و پیامدهای احتمالی انواع آلاینده‌های موجود در آنها پی

ببرد. همچنین؛ از آنجا که از این نوع کفپوش در پارک‌ها، مدارس، زمین‌های بازی کودکان و سایر محیط‌های تفریحی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند، بررسی عناصر و ترکیبات موجود در ساختار آنها از دیگر اهداف این تحقیق می‌باشد. بدین منظور چمن مصنوعی مورد استفاده در باشگاه انقلاب تهران به عنوان پایلوت انتخاب شد.

مواد و روش

این تحقیق، به لحاظ هدف از نوع کاربردی؛ و به لحاظ نحوه انجام، از نوع آزمایشگاهی می‌باشد. در ابتدا، اقدام به تهیه نمونه از کفپوش مورد نظر و ارسال به آزمایشگاه معتمد (شرکت صنعتی معدنی کیان صنعت پارس) گردید. کیله نمونه‌ها توسط دستگاه پودرکن به ذرات ریز یکنواخت با قطر کمتر از ۰/۲ میلی‌متر تبدیل شدند. در این تحقیق، دو گروه عمده از آلاینده‌ها به شرح ذیل مورد اندازه‌گیری و سنجش قرار گرفتند:

۱- سنجش عناصر سنگین در کفپوش‌ها

الف) سنجش عناصر سنگین غیرفرار:

۰/۲ گرم از هر نمونه در کوزه چینی ریخته شده و ابتدا در زیر هود و روی شعله چراغ گاز سوزانده شده و سپس باقیمانده نمونه برای مدت ۱/۵ ساعت در کوره ۸۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. خاکستر باقی مانده در مخلوط ۱۵ میلی‌لیتر هیدروکلریک اسید و ۵ میلی‌لیتر نیتریک اسید و ۵ میلی‌لیتر پرکلریک اسید به کمک حرارت حل شده و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام اولترا سونیک با توان ۱۵۰ وات قرار گرفته و سپس در بالن حجمی ۵۰ میلی‌لیتری توسط آب مقطر به حجم رسیده است. در نهایت، میزان عناصر موجود در آن توسط دستگاه ICP-OES اندازه‌گیری گردید.

ب) سنجش عناصر سنگین فرار (Pb, As, Bi, Sb, Sn, Tl, Hg, S, Cd):

۰/۲ گرم از هر نمونه در بشر شیشه‌ای قرار داده شد و ۱۵ میلی‌لیتر هیدروکلریک اسید، ۵ میلی‌لیتر نیتریک اسید، و ۵ میلی‌لیتر پرکلریک اسید به آن اضافه شده و بر روی حرارت ملایم قرار گرفته تا بخار سفید رنگ حاصل از تجریه حرارتی پرکلریک اسید مشاهده شود. سپس بشر سرد شده و ۱۰ میلی‌لیتر هیدروکلریک اسید و ۵ میلی‌لیتر نیتریک اسید اضافه شده و تا حدود دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شده و سپس در حمام اولترا سونیک برای مدت ۱۰ دقیقه با توان ۱۵۰ وات قرار گرفت. سپس محلول توسط کاغذ صافی واتمن شماره ۲ صاف شده و در بالن حجمی ۵۰ میلی‌لیتری به حجم رسیده و عناصر موجود در این محلول‌ها توسط دستگاه اسپکترومتر ICP-OES اندازه‌گیری شد.

۲- سنجش منومر آزاد، هیدروکربن آزاد، پلاستیسایزر (نرم‌کننده‌های پلیمر) و ترکیبات فنولی در کفپوش‌ها:

الف) سنجش منومر آزاد و پلاستیسایزر:

۰/۰۵ گرم از نمونه‌های پودر شده در داخل لوله آزمایش ریخته شده و ۱۰ میلی‌لیتر حلال THF به آن اضافه شده و برای مدت ۵ دقیقه در حمام اولتراسونیک با توان ۱۰۰ وات قرار گرفت. سپس با روش طیف‌گیری مشتقی توسط دستگاه اسپکتروفتومتر UV-Vis در ناحیه ماورائ بنفش و در طول موج ۲۲۰ نانومتر برای Isoprene، در طول موج ۲۶۵ نانومتر برای PVC، ۲۴۰ نانومتر برای P.P، در طول موج ۲۸۰ نانومتر برای DOP, BEHP شدت جذب برای هر گونه بدست آمده و با مقایسه آن با شدت سیگنال‌های استانداردها ppm ۱۰ تا ۱۰۰ تحت همین شرایط هر گونه در نمونه بدست آمده است.

ب) سنجش هیدروکربن آزاد:

۰/۰۵ گرم از هر نمونه پودر شده در داخل لوله آزمایش قرار گرفته، ۱۰ میلی‌لیتر متانول به آن اضافه شده و برای مدت ۵ دقیقه در حمام اولتراسونیک با توان ۱۰۰ وات قرار گرفت. سپس با روش طیف‌گیری مشتقی توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۱۹۵ نانومتر شدت سیگنال برای هیدروکربن موجود در نمونه (بر مبنای ترکیب پایه هگزان نرمال) بدست آمده و با مقایسه سیگنال با استانداردهای هگزان در محدوده غلظتی ppm ۳۰ تا ۱۵۰ میزان هیدروکربن آزاد در هر نمونه بر پایه هگزان محاسبه گردید.

پ) سنجش ترکیبات فنولی:

برای سنجش ترکیبات فنولی از محلول متانولی آماده شده در بخش قبل استفاده گردید. ۵ میلی‌لیتر از محلول متانولی هر نمونه

در بالن حجمی ۱۰ میلی‌لیتری ریخته شده و ۰/۵ میلی‌لیتر معرف "فولین سیو کالتیو فنول" و ۱ میلی‌لیتر محلول ۱۰ درصد کربنات سدیم در آب مقطر به آن اضافه شده و سپس با آب مقطر به حجم رسید. پس از گذشت ۱ ساعت شدت جذب محلول در طول موج ۷۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. مشابه همین روش برای استانداردهای ppm ۱ تا ۱۰ فنول در متانول نیز تکرار شده و از مقایسه سیگنال نمونه‌ها با استانداردها میزان ترکیبات فنولی در هر نمونه بر مبنای ترکیب فنول محاسبه گردید. دستگاههای مورد استفاده عبارت بودند از:

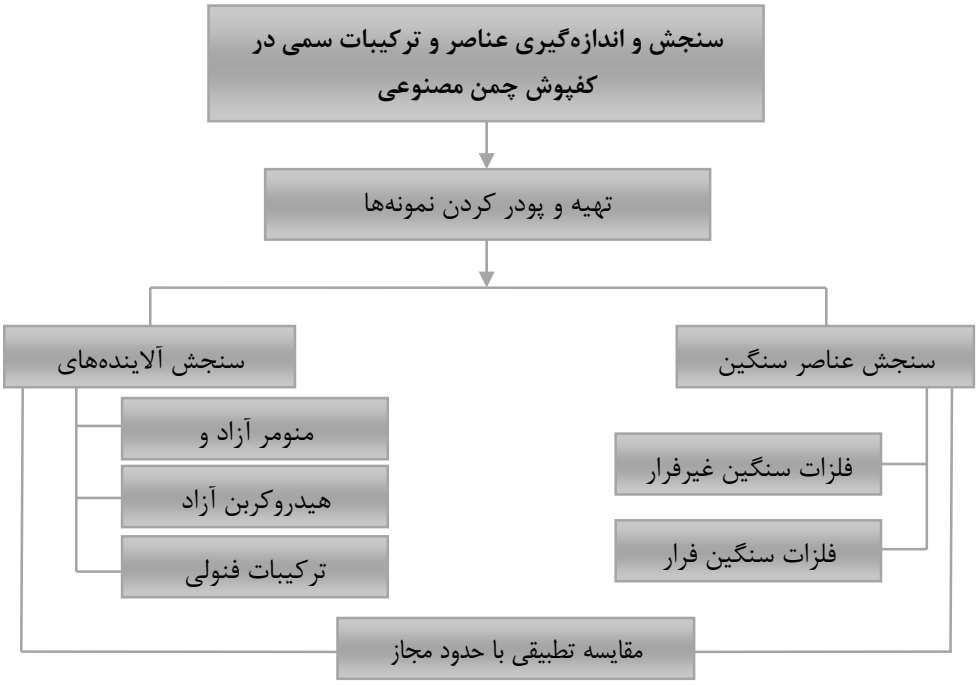
- اسپکترومتر نشر اتمی پلاسما (ICP-OES) مدل Vista Pro ساخت شرکت Varian استرالیا
- اسپکتروفتومتر اشعه مرئی و ماورائ بنفش مدل 1240 mini ساخت شرکت Shimadzu ژاپن (شکل ۱)
- حمام اولتراسونیک مدل S60H ساخت شرکت Elma آلمان

شکل ۱- دستگاه اسپکتروفتومتر مدل mini ۱۲۴۰ (سمت راست) و اسپکترومتر نشر اتمی پلاسما (سمت چپ)

Figure 1. mini 1240 model spectrophotometer (right side) and plasma atomic emission spectrometer (left side)

حساسیت دستگاهها در حد ppm ۰/۰۵ تنظیم گردیده و عناصر و ترکیبات کمتر از این مقدار سنجش نشده‌اند. آزمایشات ۳ مرتبه تکرارپذیری داشته و میانگین نتایج مورد تحلیل قرار گرفته است. در ادامه، نتایج مربوط به آلاینده‌ها با حدود مجاز مواجهه هر یک مقایسه گردید. برای تعیین حد مجاز مواجهه با عوامل شیمیایی، از شاخص متوسط وزنی – زمانی[1](OEL-TWA) استفاده شد (۳۳ و ۳۴). شکل ۲، فرآیند و گام‌های تحقیق را نشان می‌دهد.

1-Time Weighted Average



شکل ۲- فلوچارت تحقیق

Figure 2. Research flowchart

یافته‌ها

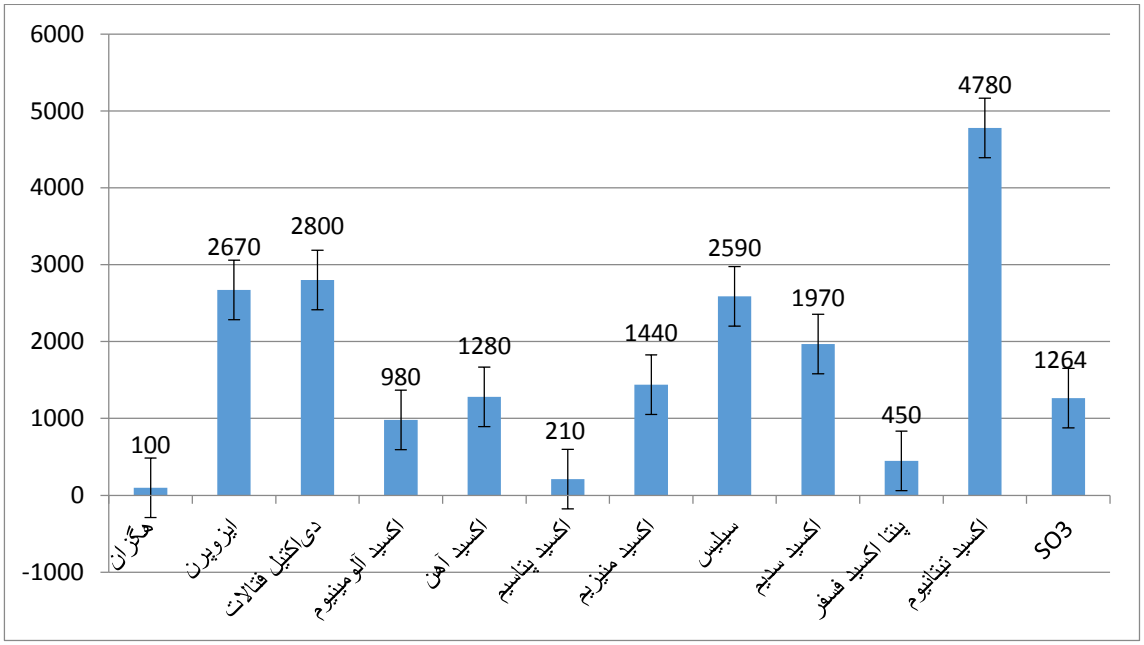
نتایج آنالیز نمونه‌های مورد آزمایش در جدول ۲ ارایه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، کفپوش چمن مصنوعی، دارای ایزوپرن (۲متیل-۱،۳ بوتادین) به میزان ppm ۲۶۷۰، دی‌اکتیل فتالات (DOP) به میزان ppm ۲۸۰۰ و هیدروکربن آزاد (از نوع هگزان) به میزان ppm ۱۰۰ می‌باشد. از سوی دیگر، فاقد پلی‌وینیل کلراید (PVC)، بیس ۲ اتیل هگزیل فتالات (2-BEHP) و نیز پلی‌پروپیلن آزاد (PP) می‌باشد. همچنین، و فنول کل نیز، کمتر از ppm ۵ درصد بوده است.

جدول ۲- نتایج آنالیز عناصر و ترکیبات در نمونه کفپوش چمن مصنوعی (برحسب ppm)

Table 2. The results of the analysis of elements and compounds in the sample of artificial grass flooring (in ppm)

عنصر / ترکیب	Total Phenol	Hydrocarbon (Free)(Hexane)	D.O.P	2-BEHP	P.P (Free)	P.V.C (Free)	Isoprene (Free)	Al_2O_3
نتیجه سنجش	< ۵	۱۰۰	۲۸۰۰	-	-	-	۲۶۷۰	۹۸۰
عنصر / ترکیب	Fe_2O_3	K_2O	MgO	SiO_2	Na_2O	P_2O_5	TiO_2	B
نتیجه سنجش	۱۲۸۰	۲۱۰	۱۴۴۰	۲۵۹۰	۱۹۷۰	۴۵۰	۴۷۸۰	۱۵/۵۸
عنصر / ترکیب	Pb	Cu	Mn	Sr	Zn	Sb	U	Nb
نتیجه سنجش	۴۰	۸۱/۶۷	۵۸/۹۲	۱۵/۳۵	۱۵۰۷	۵/۱۰	۱۵/۵۵	۲/۹۱
عنصر / ترکیب	Sn	Co	Ba	Ni	Cr	SO_3	Zr	Rb
نتیجه سنجش	۷۱/۹۳	۱۴۵	۳۳/۷۱	۰/۹۳۶	۵/۳۵	۱۲۶۴	۱۴/۲۵	۱۲/۵۵

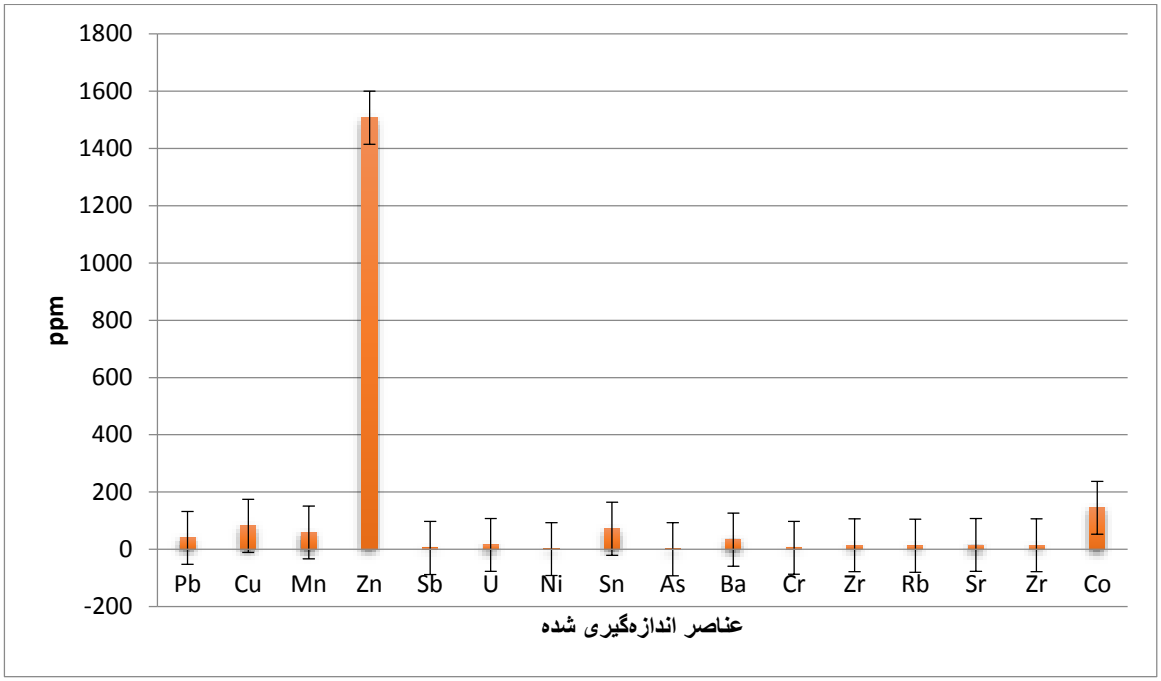
شکل ۳، نمودار مقایسه‌ای میزان ترکیبات اندازه‌گیری شده را در ساختار کفپوش چمن مصنوعی نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است، بیشترین ترکیب موجود در ساختار این نوع کفپوش، متعلق به ترکیب اکسید تیتانیوم (TiO_2) با میزان ۴۷۸۰ ppm و پس از آن دی‌اکتیل فتالات با ۲۸۰۰ ppm و سپس، ایزوپرن با ۲۶۷۰ ppm می‌باشد.



شکل ۳- نمودار مقایسه‌ای میزان ترکیبات اندازه‌گیری شده در ساختار کفپوش چمن مصنوعی (برحسب ppm)

Figure 3. Comparative diagram of the amount of compounds measured in the structure of artificial grass flooring (in ppm)

در شکل ۴، نمودار مقایسه‌ای میزان عناصر اندازه‌گیری شده در ساختار کفپوش چمن مصنوعی نشان داده شده است. آنالیز ترکیبات غیرآلی نشان می‌دهد که بالاترین میزان عنصر موجود در ساختار این نوع کفپوش، متعلق به عنصر روی (Zn) با میزان ۱۵۰۷ ppm و سپس عنصر کبالت (Co) با ۱۴۵ ppm می‌باشد. در خصوص عنصر روی و میزان بسیار بالای آن باید عنوان نمود که با توجه به دقت صورت گرفته در اندازه‌گیری‌ها و مدرن بودن دستگاههای سنجش، در صحت اندازه‌گیری تردیدی نیست و از آنجا که در ساختار چمن‌های مصنوعی از لاستیک استفاده شده است، طبیعی است که به منظور فرم‌دهی به لاستیک‌ها در ساختار آنها از عنصر روی استفاده شده باشد.



شکل ۴- نمودار مقایسه‌ای میزان عناصر اندازه‌گیری شده در ساختار کفپوش چمن مصنوعی (برحسب ppm)

Figure 4. Comparative diagram of the amount of elements measured in the structure of artificial grass flooring (in ppm)

اثرات بهداشتی آلاینده‌ها و حدود مجاز تماس روزانه (۸ ساعته) آنها و همچنین، استاندارد ملی حد مجاز فلزات سنگین و رنگ‌دانه‌ها در چمن مصنوعی در جدول ۳ ارایه شده است.

همانطور که مشاهده می‌شود، اختلاف زیادی میان استاندارد و حد مجاز آلاینده‌ها با عدد استخراج شده از آزمایشات وجود دارد.

جدول ۳- اثرات بهداشتی و حدود مجاز آلاینده‌های سنجش شده در چمن مصنوعی

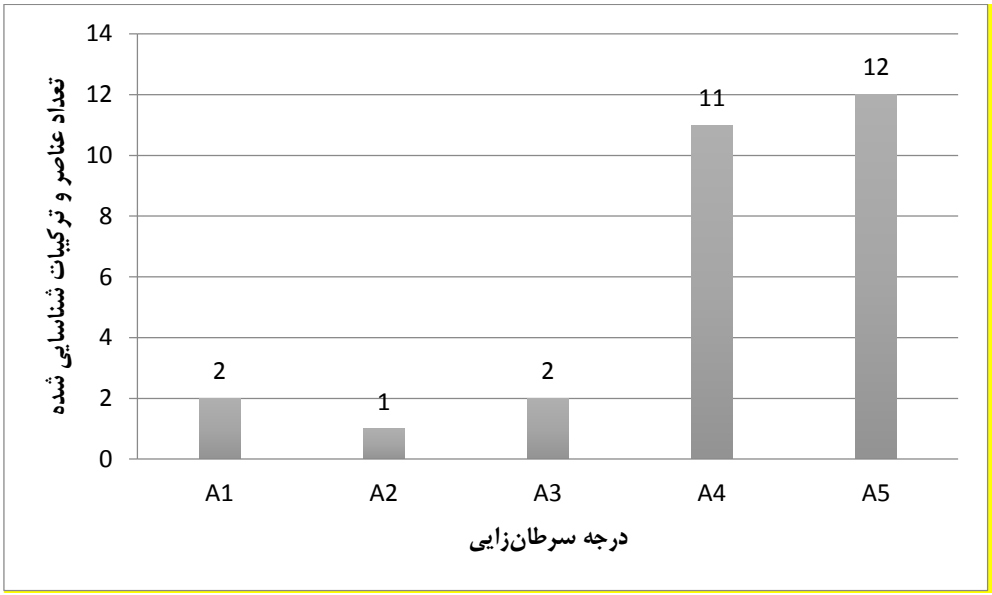
Table 3. Health effects and permissible limits of pollutants measured in artificial grass

نوع آلاینده	اثرات بهداشتی	میزان اندازه‌گیری شده (ppm)	حدود مجاز تماس روزانه (TWA)
هگزان نرمال	اختلال سیستم اعصاب مرکزی و نوروپاتی عمومی، خواب‌آور، سوزش چشم	۱۰۰	۵۰ ppm
سرب (Pb)	اختلال سیستم اعصاب محیطی و مرکزی، اثرات خونی	۷۹۹۰	۰/۰۵ mg/m^3
منگنز (Mn)	اختلال سیستم اعصاب مرکزی	۵۸/۹۲	۰/۲ mg/m^3
آرسنیک (As)	سرطان پوست، سرطان ریه، آسیب دستگاه تنفسی	۰/۰۵	۰/۰۱ mg/m^3
کروم (Cr)	تحریک قسمت فوقانی تنفسی، سرطان ریه	۵/۳۵	۰/۰۱ mg/m^3
مس (Cu)	محرک، اثرات گوارشی	۸۱/۶۷	-
آنتی‌موان (Sb)	تحریک قسمت فوقانی تنفسی و پوست	۵/۱	۰/۵ mg/m^3
باریم (Ba)	سوزش پوست، چشم و دستگاه گوارش، تونوس عضلات	۳۳/۷۱	۰/۵ mg/m^3

اکسید آهن (Fe_2O_3)	پنوموکونیوزیس	۱۲۸۰	۵ mg/m^3
سیلیس (SiO_2)	آسیب ریوی، تحریک قسمت تحتانی دستگاه تنفسی، سیلیکوزیس	۲۵۹۰	۰/۰۲۵ mg/m^3
زیرکونیوم (Zr)	تجمع در بافت ماهیچه	۱۴/۲۵	۵ mg/m^3
روی (Zn)	اختلالات گوارشی، نقص سیستم ایمنی	۱۵۰۷	-
قلع (Sn)	پنوموکونیوزیس، تحریک قسمت فوقانی تنفسی، سردرد، تهوع، اثر روی سیستم اعصاب مرکزی و سیستم ایمنی	۷۱/۹۳	۲ mg/m^3
روبیدیوم (Rb)	تحریک پوست	۱۲/۵۵	-
پنتااکسید فسفر (P_2O_5)	سوزش چشم	۴۵۰	۱ mg/m^3
اکسید پتاسیم (K_2O)	تحریک پوست، عوارض تنفسی	۲۱۰	۲ mg/m^3
اکسید منیزیم (MgO)	اختلالات گوارشی	۱۴۴۰	۱۰ mg/m^3
اکسید تیتانیوم (TiO_2)	احتمال بروز و پیشروی بیماری‌هایی نظیر بیماری التهابی روده و سرطان روده بزرگ	۴۷۸۰	۱۰ mg/m^3
اکسید سدیم (Na_2O)	گلو درد و سوزش و سرفه و قرمزی چشم	۱۹۷۰	-
کبالت	سرفه، گلو درد در اثر استنشاق و شکم درد و استفراغ در اثر بلعیدن	۱۴۵	۰/۰۲ mg/m^3

شکل ۵، نمودار مقایسه‌ای احتمال سرطان‌زا بودن عناصر و ترکیبات آلاینده موجود در ساختار چمن مصنوعی را براساس استاندارد ACGIH[1] نشان می‌دهد. همانطور که در شکل نشان داده شده است، ۲ آلاینده با قابلیت «سرطان‌زایی تایید شده انسانی» در ساختار این نوع از کفپوش شناسایی شده‌اند که عبارتند از: آرسنیک و کروم. همچنین، ۱ مورد نیز (سیلیس) به عنوان «آلاینده‌های مشکوک به سرطان‌زایی در انسان»، شناسایی شدند. از سوی دیگر، ۲ مورد (سرب و کبالت) نیز به عنوان «سرطان‌زایی تایید شده برای حیوان با ارتباط ناشناخته بر انسان» شناسایی شدند و ۱۱ مورد نیز به عنوان «غیرقابل طبقه‌بندی به عنوان یک عامل سرطان‌زای انسانی» سنجش شدند که عبارت بودند از: هگزان نرمال، دی‌اکتیل فتالات، فنل، منگنز، زیرکونیوم، باریم، اکسید آهن، اکسید منیزیم، تری‌اکسید گوگرد، قلع و اکسید تیتانیوم). سایر آلاینده‌های شناسایی شده (۱۲ مورد) در گروه «مشکوک نبودن به عنوان یک عامل سرطان‌زای انسانی» قرار می‌گیرند.

1- American Conference of Governmental Industrial Hygienist



راهنمای نمودار:

A1: سرطان‌زایی تایید شده انسانی

A2: مشکوک به سرطان‌زایی در انسان

A3: سرطان‌زایی تایید شده برای حیوان با ارتباط ناشناخته بر انسان

A4: غیرقابل طبقه‌بندی به عنوان یک عامل سرطان‌زای انسانی

A5: مشکوک نبودن به عنوان یک عامل سرطان‌زای انسانی

شکل ۵- نمودار وضعیت سرطان‌زایی و تعداد آلاینده‌های موجود در چمن مصنوعی براساس استاندارد ACGIH

Figure 5. Chart of carcinogenic status and number of pollutants in artificial grass based on ACGIH standard

بحث

استاندارد بودن کیفیت محیط های ورزشی از لحاظ ایمنی بهداشتی و محیط زیستی یکی از دغدغه‌های مهم سازمان‌های ورزشی می‌باشد. در چندین سال گذشته و در تحقیقات متعدد، اثر آلاینده های گوناگون محیطی به روی سلامت و راندمان ورزشکاران مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. یکی از مهمترین ابزار مورد استفاده در سالن‌ها و اماکن ورزشی، کفپوش‌ها و بسترهای اصلی انجام حرکات و تمرین‌های ورزشی هستند. امروزه، انواع متعددی از انواع کفپوش‌های ورزشی تولید و مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از دغدغه‌های جدیدی که مدیران ورزشی و کارشناسان بهداشت محیط با آن مواجه هستند، اطمینان از استاندارد بودن و سلامت کیفی این نوع کفپوش‌ها می‌باشد. کفپوش‌های ورزشی از نوع چمن مصنوعی در بسیاری از سالن‌ها و با شگاههای ورزشی کاربرد دارند. از سوی دیگر، از آنها به عنوان بستر برای زمین‌های بازی کودکان نیز استفاده می‌شود. هدف از انجام این تحقیق، سنجش نوع و میزان آلاینده‌های (فلزات سنگین، ترکیبات آلی) موجود در آنها بوده است.

همانطور که از نتایج مشخص است، میزان برخی از ترکیبات موجود در چمن مصنوعی، بسیار بالا و نگران کننده می‌باشد. به طور مثال، هگزان نرمال، یک سم عصبی بوده و می‌تواند سبب ایجاد پلی‌نوروپاتی حسی – حرکتی شود (۳۷). تماس پوستی با این ماده سبب خارش و سرخ شدن پوست می‌گردد. هگزان مایع

سبب آسپیره شدن ریه می‌شود. در حدود ppm ۱۰۰ اندازه‌گیری شده است. این در حالی است که حد مجاز تماس روزانه ۸ ساعته آن، برابر ppm ۵۰ می‌باشد.

خوشبختانه در ساختار این نوع کفپوش، پلی‌وینیل کلراید که توانایی ایجاد آسیب ریوی، پنوموکونیوزیس، تحریک قسمت تحتانی تنفسی و تغییر عملکرد ریوی را دارا است (۳۸ و ۳۹) شناسایی نگردید.

اکسید آهن، توانایی ایجاد پنوموکونیوزیس را دارا است (۳۳). میزان این آلاینده ppm ۱۲۸۰ اندازه‌گیری شده که در مقایسه با استاندارد TWA ($5\ mg/m^3$) اختلاف زیادی را نشان می‌دهد.

باید توجه نمود که کفپوش‌های مستعمل و آسیب‌دیده و یا سایش مداوم آنها توسط ورزشکاران و انواع وسایل و تجهیزات و همچنین تماس با مواد خورنده و محلول‌های شستشو و گندزدا امکان آزادسازی این آلاینده‌ها را بیشتر فراهم می‌سازند.

برخی از عناصر و ترکیبات، دارای نماد جذب پوستی[1] می‌باشند. بدین معنی که سهم قابل توجهی از جذب آنها از طریق جلدی، غشای مخاطی و چشم‌ها و در اثر مواجهه با بخارات، مایعات و جامدات انجام می‌شود (۴۰-۴۳). در چمن مصنوعی سنجش شده نیز برخی از آلاینده‌ها با این خصوصیت شناسایی شدند که عبارتند از: هگزان نرمال، آنتی‌موان، پنتااکسید فسفر، اکسید پتاسیم، آرسنیک و قلع. نماد پوستی هشداری برای کارشناسان بهداشت حرفه‌ای است مبنی بر آنکه ممکن است مواجهه بیش از حد مجاز به دنبال تماس با مایع یا آیروسل‌ها رخ دهد، حتی در شرایطی که مواجهه‌های هوابرد کمتر از حد مجاز باشد.

در این میان، خطر سرطان‌زا بودن برخی از آلاینده‌ها نیز بیش از پیش نگران کننده است. در چمن مصنوعی مورد مطالعه، ۲ عنصر آلاینده (آرسنیک و کروم) با قابلیت «سرطان‌زایی تایید شده انسانی» شناسایی شدند. البته لازم به ذکر است که میزان آرسنیک اندازه‌گیری شده برابر با ppm ۰/۰۵ می‌باشد که با استاندارد اعلام شده برای زمین‌های بازی و اسباب بازی که برابر با mg/m^3 ۰/۰۱ می‌باشد (۴۰)، همچنان فاصله دارد. ولیکن، در مورد آلاینده کروم (با میزان ppm ۵/۳۵) با استاندارد (mg/m^3 ۰/۰۱) فاصله مشاهده می‌شود. نکته حایز اهمیت آن است که در تحقیق حاضر، در زمینه هم‌افزایی و اختلاط آلاینده‌ها و اثرات ترکیبی آنها بررسی صورت نگرفته است که می‌توان به عنوان پیشنهادی برای تحقیقات آتی مطرح کرد.

در مجموع، می‌توان عنوان نمود که برخی از عناصر و ترکیبات موجود در ساختار کفپوش‌های ورزشی، دارای رنجی بالاتر از استانداردها و حدود مجاز مواجهه هستند که این امر می‌تواند بر سلامت کاربران تاثیرگذار باشد و از سوی دیگر، امکان آسیب‌رسانی به محیط زیست را دارا است.

نتیجه‌گیری

یکی از جنبه‌های مهم و اساسی در کیفیت محیطی در سالن‌ها و اماکن ورزشی، توجه به استانداردهای بهداشتی و زیست محیطی کفپوش‌های ورزشی است که نقش مستقیمی بر سلامت و تندرستی ورزشکاران و سایر کاربران دارد. لازم است تا مدیران ورزشی و صاحبان اماکن ورزشی به این موضوع دقت نمایند و از خرید و بکارگیری لوازم و تجهیزات غیراستاندارد و فاقد برچسب‌ها و تاییدیه‌های بهداشتی و زیست محیطی خودداری کنند. متاسفانه، در سالیان اخیر، به دلیل اعمال تحریم‌ها و موارد دیگر ورود کالاهای ورزشی بی‌کیفیت و ارزان‌قیمت از کشورهایی نظیر چین گسترش یافته است. این قبیل تجهیزات عمدتاً فاقد گواهی‌های زیست محیطی و یا بهداشتی از سوی سازمان‌های مرجع و تخصصی هستند و استفاده از آنها نه‌تنها عوارض ایمنی، بلکه مشکلات بهداشتی و محیط زیستی را در بر دارد. به علاوه به دلیل پایین بودن کیفیت ساخت، عمر مفید اندکی نیز دارند. همچنین در برخی موارد، کالاها و محصولات ورزشی تولید داخل کشور نیز از این قاعده مستثنی نیستند. بنابراین، توجه جدی به این موضوع می‌تواند راندمان کار و سلامت کاربران را تضمین نماید. در مورد برخی عناصر سمی نظیر آرسنیک به نظر میرسد کاربرد سموم حشره‌کش بر روی چمن مصنوعی موثر بوده است و باقیمانده سموم در سنجش آزمایشگاهی مشاهده شده است.

1- Skin

یکی از جنبه‌های مهمی که در این مساله لازم است تا مورد توجه قرار گیرد آن است که اکثر مدیران ورزشی و صاحبان فضاهای ورزشی از دانش بهداشتی و محیط زیستی اندکی برخوردارند. بنابراین، لازم است تا سازمان‌های تخصصی و متولی امر ورزش و بهداشت در ایران نسبت به ارایه آموزه‌های بهداشتی و محیط زیستی برای مدیران و مالکان فضاهای ورزشی اقدام جدی نمایند و از سوی دیگر، بر ورود کالاهای ورزشی از کشورهایی نظیر چین و تولید تجهیزات ورزشی در داخل نظارت بیشتری داشته باشند.

References

1. Clarkson B. 2016. Sports Dimensions Guide for Playing Areas Sport and recreation facilities. Department of sport & recreation. Government of Western Australia. 2016; sixth edition, 104 P.
2. Saint Paul parks and recreation. 2012. Field and court layout & dimensions manual.
3. Ekuri PE. 2018. Standard Facilities and Equipment as Determinants of High Sports Performance of Cross River State at National Sports Festival. Journal of Public Administration and Governance. 2018; Vol 8, No. 2.
4. Diejomoah S. Akarah E. Tayire F. 2015. Availability of facilities and equipment for Sports administration at the local government areas of Delta state, Nigeria. Academic Journal of inter-disciplinary studies. Rome Italy: MCSER Publishing. E-ISSN 2281-4612, 4(20).
5. WHO. 2011. European Centre for Environment and Health. Burden of disease from environmental noise quantification of healthy life years lost in Europe 2011. Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe; 2011.
6. Lee M. Sesso HD. Paffenbarger RS. 2000. Physical activity and coronary heart disease risk in men: Does the duration of exercise episodes predict risk? Circulation, 2000; 102(9), 981-986.
7. IOC. 2000. International Olympic Committee, Agenda21 for Sport. Lausanne: Author. 2000.
8. Mohammadfam I. Bahrami A. Fatemi F. Golmohammadi R. Mahjub H. 2008. Evaluation of the relationship between job stress and unsafe acts with occupational accidents in a vehicle manufacturing plant. Avicenna Journal of Clinical Medicine, 2008; 15(3), 60-66.
9. Bahmanpour H. Salajegheh B. Mafi A. 2011. Investigating the Environmental Situation of Darband Mountains, Environmental Report, Environmental and Energy Research Center, 2011; 247 pp. (In Persian)
10. Shah Mansouri E. Muzaffari SA. 2005. Study recessionary factors Sports in the field of hardware, software, and John Ware. Journal of Sports Sciences, 2005; (12), 87-106. (In Persian)
11. Hosseinpour E. Bagheri Gh. Alidoust Ghahfarokhi E. Amiri M. 2019. Presenting a Model to Establish Safety in Sporting Environments (Using Grounded Theory). Research on Educational Sport, 2019; 7(16): 107-28. (In Persian) Doi: 10.22089/RES.2017.3793.1263
12. Sadeghi Naeini H. Jafari H. Salehi E. Mirlouhi Falavarjani A. 2012. Child safety in parks playgrounds (a case study in Tehran's sub-district parks).

Iran Occupational Health, 7(3), 37-47. (In Persian)
13. Takano T. 2007. Health and environment in the context of urbanization. Environmental health and preventive medicine, 12(2), 51.
14. Sperber WH. 2001. Hazard identification: from a quantitative to a qualitative approach. Food Control. 2001; 12: 223–228. doi:10.1016/s0956-7135(00)00044-x
15. NAAQS. 2016. Criteria Air Pollutants. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency (EPA). 2016.
16. Smith K. 2001. Environmental Hazards: Assessing risk and reducing disaster. New York, New York, USA: Routledge.
17. Alves AK. Berutti FA. Sánche FA. 2012. Nano materials and catalysis, in CP. Bergmann & M. J. de Andrade (ads), Nanonstructured Materials for Engineering Applications, Springer-Verlag, Berlin.
18. Amasawa E. Yi Teah H. Yu Ting Khew J. Ikeda I. Onuki M. 2016. Drawing Lessons from the Minamata Incident for the General Public: Exercise on Resilience, Minamata Unit AY2014, in M. Esteban, Sustainability Science: Field Methods and Exercises, Springer International, Switzerland, 2016; pp. 93–116, doi:10.1007/978-3-319-32930-7_5 ISBN 978-3-319-32929-1.
19. Baranoff E. 2015. First-row transition metal complexes for the conversion of light into electricity and electricity into light, in W-Y Wong (ed.), Organometallics and Related Molecules for Energy Conversion, Springer, Heidelberg, 2015; pp. 61–90.
20. Berea E. Rodriguez-lbelo M. Navarro J. AR. 2016. Platinum Group Metal—Organic frameworks in S. Kaskel (ed.), The Chemistry of Metal-Organic Frameworks: Synthesis, Characterization, and Applications, 2016; Vol. 2, Wiley-VCH Weinheim, pp. 203–230, ISBN 978-3-527-33874-0.
21. Abbaspoor M. 2016. Environmental engineering, second edition, Islamic Azad University, 628 p. [In Persian].
22. Occupation Safety and Health Administration (OSHA). 2006. Occupational safety and health standards: Toxic and hazardous substances, Limit for air contaminants. 29 CFR 1910, subpart Z, Last adopted: Washington DC, USA.
23. The United State Environmental Protection Agency (USEPA). 2014. Alternate 1 in 3 sampling and return shipping schedule [online]. Available from: http://wwwepagov//ttn/atmic/files/ambient/ pm25/2006. Accessed May 2, 2014.
24. Hakiki F. Nuraeni N. Salam DD. Aditya W. Akbari A. Mazrad ZAI. Siregar S. 2015. Preliminary Study on Epoxy-Based Polymer for Water Shut-Off Application. Paper IPA15-SE-025. Proceeding of the 39th IPA Conference and Exhibition, 2015; Jakarta, Indonesia.
25. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 2011. Surfaces for sports areas- Indoor surfaces for multi-sports use Specification. Islamic Republic of Iran, 1st. Edition.
26. Mandana A. Jahangiri M. Nasiri G. 2011. Occupational exposure of pathogens in petrochemical industry. HSE management, National Petrochemical Company, 320 P.
27. Merikhpour Z. Sohrabi MS. 2019. Safety Status of Children's Playground

Equipment: A Case Study in Hamaedan Luna Park. Iranian Journal of Ergonomics, 7 (3), 1-10.

28. Hosseinpour E. Bagheri Gh. Alidoust Ghahfarokhi E. Amiri M. 2019. Presenting a Model to Establish Safety in Sporting Environments (Using Grounded Theory). Research on Educational Sport, 7(16): 107-28. (In Persian) Doi: 10.22089/RES.2017.3793.1263
29. Gholami Torkesaluye S. Mehdipour A. Azmsha T. 2014. Safety and health assessment of multi-purposes sport halls and its relationship with sports injuries. Applied Research of Sport Management, 2014; 4(2), 23-34. (In Persian)
30. Abdavi F. 2015. Standard regulations and safety of sports facilities and laboratory work Faculty of Physical Education and Sports Sciences. Deputy of Research and Technology Committee on Safety, Health and Environment, First edition, 71 P. (In Persian)
31. Naderian Jahromi M. Poorsoltani Zarandi H. Rohani E. 2013. Identify safety indicators and standards for gyms and sports venues, Journal of Sport management, Vol. 5, No. 3. 1-36pp. (In Persian)
32. Chernushenko D. Vander Kamp A. Stubbs D. 2001. Sustainable Sport Management: Running an Environmentally, Socially and Economically Responsible Organization.
33. Occupational Exposure Limits (OEL). 2017. Islamic Republic of IRAN Ministry of Health and Medical Education Environmental and Occupational Health Center (EOHC).
34. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). 2014. Threshold Limit Values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. ACGIH® Signature Publication, Cincinnati, Ohio.
35. Shuker L, James K, Massey J, Levy L. 2007. Institute of Environment and Health (IEH). The Setting and Use of Occupational Exposure Limits. ICCM, London, UK.
36. Walters D, Grodzki K, Walters S. 2003. The role of occupational exposure limits in the health and safety systems of EU Member States. 1st ed., Centre for Industrial and Environmental Safety and Health, South Bank University, CROWN copyright, London. UK. 2003.
37. Prieto MJ. Marhuenda D. Roel J. 2003. Free and total 2,5-hexanedione in biological monitoring of workers exposed to n-hexane in the shoe industry. Toxicol Lett; 145:249-60.
38. Fuente A. McPherson B. Cardemil F. 2013. Xylene-induced auditory dysfunction in humans. Ear and Hearing. 2013; 34 (5): 651–660.
39. Zhang K. Nelson AM. Talley SJ. Chen M. Margaretta E. Hudson A. Moore R. 2016. Non-isocyanine poly (amide-hydro xyurethane) s from sustainable resources. Green Chem. 18 (17): 4667–81.
40. Deputy of Food and Drugs (DFD). 2019. List and characteristics (permissible consumption limit and amount of heavy metals) of permitted dyes in polymers in contact with food and polymer toys, Ministry of Health, Treatment and Medical Education,

General Directorate of Food, Beverage, Cosmetics and Hygiene.

41. Ravankhah N. Mirzaei R. Masoum S. 2016. Human Health Risk Assessment of Heavy Metals in Surface Soil. 2015. J Mazandaran Univ Med Sci, 26(136): 109-120. (In Persian)
42. Golpaygani A. Khanjani N. 2011. Occupational and Environmental Exposure to Lead in Iran: A Systematic Review. Journal of Health & Development, Vol 1, No 1, 74-89 PP.
43. Garcia-Leston J, Mendez J, Pasaro E, Laffon B. 2010. Genotoxic effects of lead: an updated review. Environ Int, 36(6): 623-36.