Occupational Medicine Quarterly Journal
Vol. 9, No 2, Summer 2017
Pages: 40-49

فصلنامه علمی تخصصی طب کار
دوره ۹، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶
صفحه: ۴۹-۴۰

سنجش مواجهه شغلی راهبران قطارهای شهری با میدان مغناطیسی پایا

محمدرضا منظم[۱]، حامد جلیلیان*[۲]، کامران نجفی[۳]، یحیی خسروی[۴]، مجتبی ذکایی[۵]، زهرا زمانیان[۶]

چکیده

مقدمه: میدان مغناطیسی از دسته آلاینده هایی است که روز به روز جای خود را بیشتر در زندگی بشر باز می‌کند. در سیستم‌های مدرن حمل و نقل شهری موتورهای دیزلی جای خود را به موتورهای الکتریکی که با جریان‌های متناوب و مستقیم کار می‌کنند، داده اند که این امر منجر به مواجهه شغلی راهبران قطار ها با میدان مغناطیسی شده است. این مطالعه به بررسی مواجهه راهبران قطارهای شهری تهران با میدان‌های مغناطیسی پایا و مقایسه آن با حدود مجاز مواجهه شغلی کشوری می‌پردازد.

روش بررسی: به منظور سنجش مواجهه راهبران، از دو نوع قطار AC و DC داخل شهری و AC بین شهری از هر خط شامل خط ۱، ۴،۲ و ۵ نمونه‌های به طور تصادفی انتخاب شد و پس از ایستگاه بندی، میدان مغناطیسی پایا به وسیله دستگاه سه جهته HI-3550 و با توجه به استاندارد IEEE std C95.3.1 و مطالعات پیشین اندازه گیری شد. سپس مواجهه راهبران با حدود مجاز مواجهه شغلی ملی مقایسه شد. به منظور تحلیل داده ها از نرم افزار SPSS 20 استفاده شد.

نتایج: حداکثر مواجهه تمام بدن راهبران در قطارهای DC خط ۲ (۰/۵۲ mT) بود، هرچند میانگین مواجهه راهبران قطارهای AC (۰/۰۹۵ mT) نسبت به DC (۰/۰۸۱ mT) بالاتر بود. میانگین چگالی شار مغناطیسی پایا بین خطوط داخل شهری اختلاف معنا داری وجود نداشت. بالاترین میزان میانگین مواجهه وزنی زمانی مربوط به راهبران قطارهای AC خط ۱ (۰/۰۶ mT) بود.

نتیجه گیری: مواجهه راهبران قطار تا ۱۰ برابر بالاتر از سطح زمینه (۶۰ μT تا ۳۰) بود و این امر معنادار بودن مواجهه این گروه شغلی را با میدان مغناطیسی نشان می‌دهد، هرچند در هیچ کدام از وضعیت‌های ارزیابی، مواجهه تمام بدن راهبران از مواجهه شغلی (TWA= ۰/۲ T و مقدار سقف ۲ T) فراتر نرفته بود. البته این امر بدان معنا نیست که این سطح مواجهه ایمن و بی‌خطر است، چرا که مطالعات مختلف، مشکلات سلامتی را در مقادیر کمی از میدان مغناطیسی گزارش کرده اند.

واژه‌های کلیدی: راهبران قطار، مواجهه شغلی، میدان مغناطیسی پایا

۱- دکترای مهندسی بهداشت حرفه‌ای، عضو هیئت علمی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۲- دانشجوی دکترای مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی شیراز، مرکز تحقیقات بهداشت، ایمنی و محیط، دانشگاه علوم پزشکی البرز، کرج، ایران
۳- کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۴- دکترای مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات بهداشت، ایمنی و محیط، دانشگاه علوم پزشکی البرز، کرج، ایران
۵- دانشجوی دکترای مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، مرکز تحقیقات بهداشت کار، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
۶- دکترای مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران
* (نویسنده مسئول)؛ تلفن تماس: ۰۷۱۳۷۲۵۱۰۰۱، پست الکترونیک: jalilianh@hotmail.com
تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۳/۳۱

Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 12:09 IRDT on Saturday July 22nd 2017
[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

مقدمه

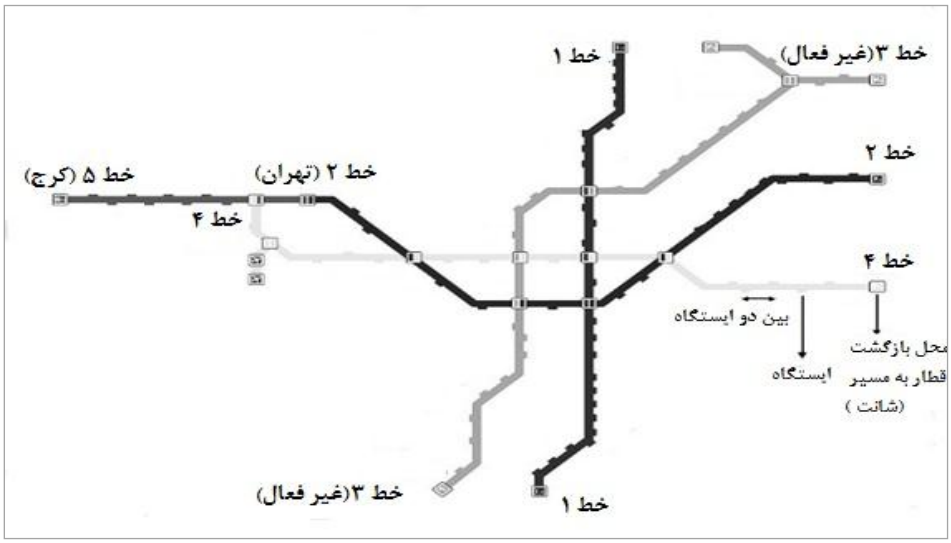
اعتقاد بر این است که پیشرفت‌های تکنولوژی در قرن بیستم، علاوه بر دست آوردهای بسیار، منجر به آلودگی هایی در محیط زندگی و کار شده است که می‌توانند اثرات حاد یا مزمنی را بر سلامت افراد بگذارند. "میدان مغناطیسی" که به صورت پایا و متناوب می‌باشد یکی از این آلاینده هاست که روز به روز اثرات مضر آن بیشتر در زندگی بشر مشاهده می‌شود (۱). در سیستم‌های جدید حمل و نقل شهری، موتورهای دیزلی جای خود را به موتورهای الکتریکی که با جریان‌های متناوب (AC-Alternating Current-) و مستقیم (DC-Direct Current-) کار می‌کنند، داده اند. این گونه سیستم ها میدان‌های مغناطیسی با فرکانس بی نهایت کم و پایا ایجاد می‌کنند(۲). در واقع میدان مغناطیسی-الکتریکی یا مغناطیسی که شدت آن در طول زمان تغییر نکند را میدان مغناطیسی پایا می‌نامند (۳). امروزه میدان‌های مغناطیسی تولید شده در وسایل حمل و نقل شهری در کانون توجه مطالعات قرار گرفته است. در مطالعه ای که توسط دیتریچ و با حمایت مرکز سیستم‌های حمل و نقل ملی در سال ۱۹۹۹ انجام شد، میانگین شدت میدان مغناطیسی در انواع مختلفی از وسایل نقلیه شامل ماشین‌های برقی و کامیونت ها (۶ mG)، اتوبوس‌های کوچک برقی (mG ۱۴)، اتوبوس‌های برقی بزرگ (۲۰ mG) و ترن‌های ریلی-برقی (۴۹ mG) مورد سنجش قرار گرفت (۴). کونتسا و همکاران مواجهه راهبران مترو را با میدان‌های مغناطیسی، در محل نشستن داخل واگن و در راهروهای ۷ نوع قطار مختلف ارزیابی کردند. در محل نشستن و محیط واگن میدان مغناطیسی برای قطار A به ترتیب برابر: ۸۰ μT و ۱۲۰، برای B: ۱۶۰ μT و ۱۶۰، برای C: ۳۰۰ μT و ۱۶۰، برای E: ۱۰۰ μT و ۹۰، برای F: ۱۲۰ μT و ۱۳۰ و برای G برابر ۲۷۰ μT و ۲۷۰ بود. مقادیر مربوط به قطار D در دسترس نبود (۵). چادویک و همکاران میدان مغناطیسی را در ترن‌های زیر زمینی انگلستان ارزیابی کردند. این سنجش ها در کف کابین مسافران (G ۲۰-۱)، کف کابین راننده (G ۲)، در کف کابین و بالای مبدل جریان (G ۴۴۰) و در ارتفاع نشستن و بالای مبدل جریان (G ۲۰) بود (۶). به هرحال مطالعات نشان داده است که میدان مغناطیسی ناشی از سیستم‌های حمل و نقل با توان الکتریکی می‌تواند اثرات مضری را بر سلامتی افراد ایجاد کند (۷-۹). در مطالعات متعددی که در کشورهای اسکاندیناوی صورت گرفت، مشاهده گردید که ریسک انواع خاصی از سرطان در بین کارکنان سیستم ریلی افزایش داشته است (۱۰). رزلی و همکاران در مطالعه خود مشاهده کردند که نسبت خطر مرگ و میر ناشی از سرطان خون در بین راهبران ترن‌های سیستم ریلی سوئیس ۱/۴۳ برابر بیشتر از مدیران ایستگاه ها بوده است. بعلاوه ریسک خطر ابتلا راهبران ترن به سرطان مغز استخوان ۴/۷۴ برابر و برای بیماری هادکین ۳/۲۹ برابر نسبت به مدیران ایستگاه بوده است. در این مطالعه رابطه ای بین مواجهه با میدان مغناطیسی و سرطان لنفاوی و تومورهای مغزی مشاهده نگردید (۱۱). در مطالعه دیگری که توسط مایندر و پفلوگر در سال ۲۰۰۱ انجام شد، مشاغلی از سیستم ریلی سوئیس با درجات مختلفی از مواجهه با میدان مغناطیسی شامل مهندسان خط با مواجهه بالا (۲۵/۹ μT) و مدیران ایستگاه ها با مواجهه متوسط تا کم (μT ۱) با یکدیگر مقایسه شدند. نرخ مرگ و میر در بین مهندسین خطوط ۲/۴ برابر به علت ابتلا به سرطان خون (نسبت به دسته رفرنس: مدیران ایستگاه ها) بود. همچنین نسبت تومور مغزی در بین سوزنبانان خطوط ۵/۱ برابر (در مقایسه با مدیران ایستگاه ها) بود (۱۲). بر اساس مطالعات، میدان مغناطیسی ناشی از خطوط ریلی ممکن است ریسک فاکتوری برای بیماری‌های قلبی-عروقی باشد (۹, ۱۳, ۱۴). مطالعات رزلی (۱۵) و سنت آنجلو (۱۶) افزایش ریسک مرگ و میر ناگهانی ناشی از مشکلات قلبی و بیماری‌های قلبی عروقی را نشان دادند. با توجه به اینکه حدود ۱۲۰۰ راهبر در خطوط متروی تهران و حومه مشغول به کار هستند و همچنین در کشور ما هنوز هیچ مطالعه ای به ارزیابی مواجهه آنان با میدان‌های مغناطیسی پایا نپرداخته و میزان تماس این گروه شغلی مشخص نیست، در این مطالعه پس از اندازه‌گیری این میدان‌ها در انواع قطارهای موجود در خطوط ۵ گانه شهر تهران و حومه،

Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 12:09 IRDT on Saturday July 22nd 2017
[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

میزان مواجهه این افراد سنجش شده و سپس با حدود مجاز مواجهه شغلی کشوری مقایسه می‌گردد تا بتوان دیدی از مواجهه راهبران با این میدان ها داشته و در صورت لزوم در مورد کنترل میدان‌ها یا کاهش مواجهه آنها از طریق فرایندهای مدیریتی تصمیمات صحیحی گرفته شود. علاوه بر این موضوع با اندازه‌گیری شدت میدان مغناطیسی پایا در حالت‌های مختلف مواجهه مثل مسیرهای رفت و برگشت، شلوغی و خلوتی و نوع قطار ها اثرات احتمالی این عوامل بر افزایش یا کاهش سطح مواجهه راهبران مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت.

روش بررسی

این مطالعه به صورت مقطعی و توصیفی-تحلیلی در متروی تهران، که یک سیستم حمل و نقل الکتریکی است و در تهران وظیفه جابجایی مسافران را دارد، انجام شد. به منظور ارزیابی مواجهه راهبران قطارهای بین و داخل شهری تهران در ابتدا با هماهنگی شرکت بهره برداری راه آهن شهری تهران و حومه اطلاعاتی در مورد ایستگاه ها ، تقاطع ها و محل شانت (محل بازگشت قطار به مسیر) قطار ها، ساعات حرکت، ساعات شلوغ و خلوت و نحوه رفت و برگشت قطارها جمع‌آوری گردید. بر اساس این اطلاعات ۳ خط فعال در داخل شهر تهران و یک خط فعال بین دو شهر تهران و کرج وجود داشت. خطوط ۱، ۲ و ۴ داخل شهری و خط ۵ بین دو شهر را پوشش می‌دادند. در خط ۱ و ۲ قطار هایی از هر دو نوع AC و DC موجود بود اما در خط ۴ تنها قطارهای AC مشغول به کار بودند، و درنهایت در خط ۵ قطارهای AC ای متفاوت با آنچه در خطوط داخل شهری هستند، به کار گرفته شده اند. شکل ۱ نمایی از خطوط داخل و خارج شهری متروی تهران را نشان می‌دهد. در این شکل مکان‌های شانت قطارها، ایستگاه‌ها، فواصل بین ایستگاه‌ها، ایستگاه‌هایی که خطوط مختلف باهم تقاطع دارند و خطوط فعال و غیر فعال مشخص شده اند.



شکل ۱: نمایی از خطوط درون و برون شهری متروی تهران

از هر خط داخل شهری ۱ قطار AC و یک قطار DC به عنوان نمونه ای از این قطار ها انتخاب گردید. همانطور که قبلا ذکر شد خط ۴ تنها دارای قطار نوع AC بود. از خط۵ نیز ۲ مدل مختلف قطار TM-1 و TM-3 (هر دو از نوعAC) انتخاب و مورد سنجش قرار گرفت. اندازه گیری میدان مغناطیسی پایا با استفاده از دستگاه پایش کننده میدان مغناطیسی HI-3550 Monitor (Holaday Industries, Inc.) انجام شد. با توجه به مطالعات پیشین (۵) و همچنین استاندارد IEEE std C95.3.1 (۱۷) اندازه گیری ها در کنار صندلی راهبر و در ارتفاع ۱ متری از کف کابین انجام شد. به منظور اندازه گیری میدان

Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 12:09 IRDT on Saturday July 22nd 2017
[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

مغناطیسی پایا، محقق یک بار در ساعت خلوت و یک بار در ساعت شلوغ (از نظر تعداد مسافر) با مراجعه به مترو و در دست داشتن دستگاه، پس از اندازه گیری میدان مغناطیسی پایا در دفتر اعزام راهبر،یک قطار را به صورت تصادفی انتخاب کرده و شماره قطار را ثبت نموده، سپس به داخل کابین راهبری (واگن کنترل قطار) رفته ویک سیر رفت، شانت، سیر برگشت، شانت، رسیدن به ایستگاه اولیه و پیاده شدن همراه با راهبر (و در کابین) بوده و در طی آن از میدان مغناطیسی پایا سنجش به عمل آورد. ثبت شماره قطار ها به منظور این امر بود که سنجش ها (از نظر شلوغی/خلوتی) از همان قطار به عمل آید. عمل بالا برای هر دو نوع قطار AC و DC (برای قطارهای داخل شهری) برای خطوط مختلف و همچنین قطارهای AC خارج شهری انجام گردید. لازم به ذکر است که در طول سیر ها ۳ ایستگاه مترو نیز به صورت تصادفی از هر خط انتخاب و قبل از رسیدن (در طول سیر رسیدن به ایستگاه)، هنگام ورود به ایستگاه (ترمز کردن) و در هنگام ترکشن (شتاب گرفتن قطار) از میدان سنجش به عمل آمد. در هر مکان و وضعیت سنجش (منظور ایستگاه اندازه گیری نه ایستگاه مترو) سه بار چگالی شار مغناطیسی ثبت شد تا بتوان نوسانات احتمالی میدان مدنظر قرار گرفته شود. سپس میانگین محاسبه و ثبت شد. به عنوان مثال در طول سیر یک قطار بین دو ایستگاه مترو سه بار دستگاه قرائت و ثبت شد. جدول ۱ ایستگاه‌های اندازه گیری را در خطوط مترو شهر تهران نشان می‌دهد. در این جدول مکان ایستگاه‌های اندازه‌گیری به تفکیک مشخص شده است.

جدول ۱: ایستگاه‌های اندازه گیری میدان مغناطیسی پایا در خطوط متروی تهران

خط مترو	۱ (کهریزک- تجریش)	۲ (صادقیه- فرهنگسرا)	۴ (ارم -کلاهدوز)	۵ (صادقیه-گلشهر)
ایستگاه‌های اندازه گیری (تعداد ایستگاه)	اتاق استراحت (۳) شانت ایستگاه کهریزک (۳) و تجریش (۳) دفتر اعزام کهریزک (۳) و تجریش (۳) شوش- مولوی (۹) تقاطع امام خمینی(۹) همت –حقانی (۹)	اتاق استراحت (۳) شانت ایستگاه صادقیه (۳) و فرهنگسرا (۳) دفتر اعزام صادقیه (۳) و فرهنگسرا (۳) نواب صفوی- حر (۹) تقاطع امام خمینی (۹) شهید مدنی – امام حسین (۹)	اتاق استراحت (۳) شانت ارم (۳) و کلاهدوز (۳) دفتر اعزام ارم (۳) و کلاهدوز (۳) استاد معین – دکتر حبیب اله (۹) فردوسی - دروازه دولت (۹) شیخ الرئیس– پیروزی (۹)	اتاق استراحت (۳) شانت صادقیه (۳) و گلشهر (۳) دفتر اعزام صادقیه (۳) و گلشهر (۳) اکباتان– ورزشگاه آزادی (۹) ایران خودرو –وردآورد (۹) اتمسفر – کرج (۹)

اطلاعات برنامه کاری راهبران شامل مدت زمان حضور در محیط کار، اعزام برای راهبری قطار و استراحت‌های بین سیر ها از شرکت مترو تهران گرفته شد و بعد از اندازه گیری‌های میدان مغناطیسی پایا با توجه به مکان‌های حضور راهبر، میانگین وزنی-زمانی (TWA- Time Weighted Average-) راهبر با میدان مغناطیسی پایا با استفاده از رابطه ۱ که از طرف انجمن متخصصین بهداشت صنعتی آمریکا توصیه شده است (۱۸)، تعیین شد و سپس با حدود مجاز مواجهه شغلی موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (ISIRI-8567) مقایسه گردید.

رابطه ۱ $$TWA = \frac{\sum t_i \times E_i}{T}$$

در این رابطه t_i مدت زمان سپری شده راهبران در وظایفی است که با میدان مغناطیسی E_i در مواجهه بودند. T کل زمان نوبت کاری راهبران است. به منظور تحلیل داده ها از نرم افزار SPSS 20 و روش‌های آمار توصیفی، ANOVA یک طرفه و T مستقل استفاده شد.

نتایج

جدول ۲ حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف معیار از میانگین میدان ها را در انواع مختلف قطار ها نشان می‌دهد. مقادیر موجود در این جدول بر اساس میانگین گیری از سه عدد قرائت شده در هر ایستگاه، و نه حداکثر مقدار ثبت شده می‌باشد.

Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 12:09 IRDT on Saturday July 22nd 2017
[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

جدول ۲: حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف معیار میزان میدان مغناطیسی پایا در کابین راهبر انواع قطار ها (بر حسب mT)

انواع قطارها	حداقل	حداکثر	میانگین	±انحراف معیار
قطارهای AC	۰/۱>	۰/۳۵	۰/۰۹۵	۰/۰۷۵
قطارهای DC	۰/۱>	۰/۵۲	۰/۰۸۱	۰/۰۸۶
قطارهای AC بین شهری	۰/۱>	۰/۱>	۰/۱>	۰/۱>

به دلیل وجود ایستگاه‌های سنجشی همچون اتاق استراحت (که دارای مقادیر کم از میدان بودند) مقادیر انحراف معیار و میانگین به یکدیگر نزدیک شده است. همچنین به دلیل اینکه میزان حساسیت دستگاه اندازه گیری تا mT ۰/۱ بود، مقادیر حداقل به صورت کمتر از ۰/۱ گزارش شده است. حداکثر شدت میدان در قطارهای DC مشاهده گردید اما میانگین شدت میدان مغناطیسی در قطارهای AC بالاتر بود. همانگونه که ذکر شد، کمترین مقدار میدان مغناطیسی مربوط به خط ۵ و کمتر از ۰/۱ بود. جدول ۳ مقایسه ای از میانگین شدت میدان مغناطیسی پایا در مسیرهای رفت–برگشت و پیک شلوغی- خلوتی، در قطارهای AC بین و داخل شهری و قطارهای DC نشان می‌دهد.

جدول ۳: مقایسه میانگین شدت میدان مغناطیسی پایا در مسیرهای رفت - برگشت و پیک شلوغی- خلوتی در قطارهای AC و DC (بر حسب mT)

	متغیر ها	m (±SD)	فاصله اطمینان ۹۵٪		P value
			حد پایین	حد بالا	
قطار AC	مسیر رفت	۰/۱(۰/۰۷)	-۰/۰۰۲۲	۰/۰۴۹	۰/۰۷
	مسیر برگشت	۰/۰۸(۰/۰۷)			
	خلوت	۰/۰۸(۰/۰۶)	-۰/۰۴۶	۰/۰۰۵۶	۰/۱۲
	شلوغ	۰/۱ (۰/۰۸)			
قطار DC	مسیر رفت	۰/۰۷(۰/۰۶)	-۰/۰۴۳۸	۰/۰۲۹۹	۰/۷
	مسیر برگشت	۰/۰۸(۰/۱)			
	خلوت	۰/۰۷۵(۰/۱)	-۰/۰۴۹۷	۰/۰۲۴۰	۰/۰۴
	شلوغ	۰/۰۸۸(۰/۰۶)			

نتایج حاصل از جدول ۳ نشان می‌دهد که در مسیرهای رفت- برگشت (برای قطارهای AC P=۰/۰۷ و DC برابر P=۰/۷) اختلافی معنا داری وجود ندارد، ولی در پیک شلوغی- خلوتی (برای قطارهای AC P=۰/۱۲ و DC برابر P=۰/۰۴)، اختلاف معنا دار آماری در قطارهای DC وجود دارد. قابل ذکر است از آنجا که مقادیر ثبت شده برای قطارهای خارج شهری به صورت صفر ثبت شده بود، مورد آنالیز آماری قرار نگرفت. جدول ۴ مقایسه میانگین شدت میدان مغناطیسی را در خطوط ۲،۱ و ۴ نشان می‌دهد.

جدول ۴: مقایسه میانگین شدت میدان مغناطیسی پایا در خطوط مختلف داخل شهری

شماره خطوط		فاصله اطمینان ۹۵٪		P value
		حد پایین	حد بالا	
خط ۱	خط ۲	-۰/۰۱۴۹	۰/۰۲۷	۰/۵۶
	خط ۴	-۰/۰۳۶	۰/۰۱۵	۰/۴
خط ۲	خط ۴	-۰/۰۴۲	۰/۰۰۸	۰/۱۹

Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 12:09 IRDT on Saturday July 22nd 2017
[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

نتایج حاصل از مقایسه میانگین ها در جدول ۴ نشان می‌دهد که بین خطوط داخل شهری، از نظر شدت میدان مغناطیسی پایا اختلاف معنا دار آماری وجود ندارد. قابل ذکر است از آنجا که مقادیر ثبت شده برای قطارهای خارج شهری به صورت صفر ثبت شده بود، مورد آنالیز آماری قرار نگرفت. آزمون تی مستقل نشان داد که اختلاف معنی‌دار آماری (P=۰/۲۵) بین میانگین شدت میدان مغناطیسی دو نوع قطار داخل شهری وجود ندارد. جدول ۵ حداکثر و TWA مواجهه راهبران را در یک شیفت کاری ۸ ساعته نشان می‌دهد. حداکثر میزان TWA در راهبران قطارهای AC خط ۱ مشاهده شد و حداقل میزان مربوط به راهبران قطارهای DC خط ۲ بود. نتایج حاصل از بررسی مواجهه راهبران قطارهای AC و DC در خطوط مختلف قطارهای شهری و بین شهری تهران نشان می‌دهد که نه میزان حداکثر مواجهه و نه میانگین وزنی-زمانی از میزان حدود مواجهه کشوری فراتر نرفته است.

جدول ۵: حداکثر و TWA مواجهه راهبران با میدان‌های مغناطیسی پایا (بر حسب mT)

خطوط	نوع قطار	حداکثر	TWA
خط ۱	قطار AC	۰/۲۳	۰/۰۶
	قطار DC	۰/۲۲	۰/۰۵
خط ۲	قطار AC	۰/۳۱	۰/۰۴۶
	قطار DC	۰/۵۲	۰/۰۲۶
خط ۴	قطار AC	۰/۳۵	۰/۰۵۳
خط ۵	قطار AC	<۰/۱	<۰/۱

بحث

در این مقاله مواجهه راهبران قطارهای شهری تهران با میدان‌های مغناطیسی پایا توصیف گردید. جنبه‌های مختلف مواجهه در اندازه گیری‌های میدان مد نظر قرار گرفته شد تا تمام جنبه‌های تماس راهبران با این میدان ها پوشش داده شود. همانگونه که جداول ۱ و ۵ نشان می‌دهند، حداکثر مواجهه راهبران اغلب تا ۱۰ برابر بیشتر از سطوح زمینه (۶۰ μT تا۳۰) (۱۹) است و این امر نشان دهنده مواجهه بالای راهبران نسبت به عموم مردم است. هر چند که این میزان مواجهه از حدود مجاز مواجهه شغلی ملی فاصله دارد. بالاترین میزان میدان مغناطیسی مربوط به قطارهای DC (۰/۵۲ mT) و کمترین آن مربوط به قطارهای برون شهری (<۰/۱ mT) بود. هرچند اختلاف معنا دار آماری (P=۰/۲۵) بین دو نوع قطار داخل شهری مشاهده نشد و این امر نشان می‌دهد که راهبران این مدل قطار ها دارای مواجهه یکسانی در طول نوبت کاری خود هستند. کانتسا و همکاران نشان دادند که در حالات مختلف مواجهه میزان میدان مغناطیسی پایا در قطارهای AC از ۰/۱ mT تا ۰/۱۲ و در قطارهای DC از ۰/۰۸ mT تا ۰/۱۶ بوده است. این مطالعه نشان داد که حداکثر چگالی شار مغناطیسی پایا در قطارهای DC بین شهری است، هرچند مواجهه راهبران از حدود بین المللی فراتر نرفته است (۵). نتایج مطالعه نشان داد که وزن قطار (در واقع همان خلوت و شلوغ بودن) می‌تواند بر افزایش مواجهه راهبران موثر باشد. در قطارهای AC احتمالا وجود سیستم‌های برقی به روز تر و یا نوع مصرف برق قطار باعث شده است که این اختلاف معنا دار (P=۰/۱۲) نباشد، ولی در قطارهای DC که دارای سیستم مصرف برقی متفاوتی هستند، احتمالا با افزایش قدرت مصرفی موتور و در نهایت شار مغناطیسی بین دو حالت شلوغ و خلوت (از نظر تعداد مسافر) تفاوت معنا داری (P=۰/۰۴) ایجاد شده است. پتیتسینا نشان داد که در قطارهای DC سطح میدان مغناطیسی پایا به طور قابل ملاحظه ای به تغییرات جریان سیستم تغذیه با توجه به قدرت مورد نیاز قطار بستگی دارد (۲۰) و همین امر می‌تواند تاییدی بر این فرض باشد که افزایش بار قطار با تاثیر مستقیم بر میزان انرژی مصرفی قطار، بر ایجاد میدان مغناطیسی موثر است. نتایج حاصل از بررسی میزان مواجهه راهبران قطارهای AC و DC نشان داد که حداکثر میزان

Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 12:09 IRDT on Saturday July 22nd 2017
[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

مواجهه وزنی-زمانی راهبران خط ۱ (قطارهای AC) از دیگر قسمت‌ها بیشتر است هرچند که این میزان مواجهه از حدود مجاز مواجهه فاصله دارد و همچنین از میزان مواجهه در مشاغل دیگر مثل اپراتورهای MRI (۲۱, ۲۲) کمتر است و این خود می‌تواند دلیلی باشد بر تعداد کم مطالعات اپیدمیولوژیک انجام شده در مورد وضعیت سلامت راهبران قطار هایی که با میدان‌های مغناطیسی در تماس هستند. مطالعات دیگر نیز نتایج مشابهی از مواجهه گزارش کرده اند. در مطالعه ناکاگاوا و کوانا میزان مواجهه راهبران در قطارهای AC از ۰/۱ mT تا ۴ (حداقل و حداکثر) و در قطارهای DC نیز ۰/۰۵ mT تا ۰/۲ (حداقل و حداکثر) گزارش شد. اگرچه در این مطالعه ویژگی هایی همچون وضعیت مسافران (از نظر شلوغی یا خلوتی) یا میزان میدان مغناطیسی در مسیر رفت و برگشت مدنظر قرار گرفته نشده بود، اما نتایج نشان داده بود که مواجهه با میدان مغناطیسی پایا در دو نوع قطار AC و DC با یکدیگر اختلاف معنادار آماری نداشته اند (P>۰/۰۵) (۲۳). نتایج مطالعه نشان داد که اندازه گیری ها با میزان‌های گزارش شده جهانی همخوانی نزدیکی داشته و سنجش‌ها به طور واقعی میزان مواجهات را نشان می‌دهد. در مطالعه ای که در قطارهای داخل شهری لندن انجام گرفت میانگین چگالی شار مغناطیسی پایا در داخل واگن راهبر μT ۲۰۰ و در واگن مسافران μT ۶۴-۱۶ و mT ۱ به ترتیب در ارتفاع صندلی و در سطح کف اندازه گیری شد (۶). نتایج این مطالعه نشان داد که میزان میانگین‌های گزارش شده به نتایج این مطالعه نزدیک است. فاصله میانگین شدت میدان اندازه گیری شده به دلیل این امر بوده است که دامنه اندازه گیری دستگاه HI-3550 محدود بود و برخی ایستگاه‌های اندازه‌گیری صفر گزارش شد (که در واقع کمتر از ۰/۱ بوده است) که با وارد کردن این اعداد در میانگین، سطح آن پایین آمده است. سازمان بهداشت جهانی (۲۰۰۶) در کتابچه معیار سلامت محیط (شماره ۲۳۲) به این موضوع اذعان کرده است که جزییات میدان‌های حاصل از سیستم‌های حمل و نقل عمومی هنوز به طور کامل مطالعه نشده است (۲۴). همچنین پتیتسینا عنوان کرد که مطالعات نسبتاً کمی راجع به میدان‌های الکترومغناطیسی ناشی از سیستم‌های حمل و نقل تا بدان تاریخ (۲۰۱۲) صورت گرفته است (۲۵). بر همین اساس مطالعاتی جامع و جدید که جنبه‌های مختلف مواجهه در آن در نظر گرفته شود اندک بوده و در این مطالعه سعی بر آن بود که تمامی مطالعات مرتبط و جدید گنجانیده شود. در نهایت باید گفت که یکی از محدودیت‌های مطالعه عدم توانایی اندازه‌گیری میدان‌های مغناطیسی در مقادیر کمتر از ۰/۱ mT بود، چرا که به همین دلیل مواجهه راهبران قطارهای خارج شهری (تهران-کرج) کاملا مشخص نشد و تنها به این جمله که مواجهه آنها از مواجهه راهبران قطارهای داخل شهری کمتر است (<۰/۱ mT) باید کفایت کرد. همچنین استفاده از دستگاه‌های اندازه گیری پایش مداوم میدان مغناطیسی می‌توانست مفید واقع شود اما به دلیل محدودیت‌های تهیه این ابزار ها، این امر میسر نگردید.

با توجه به اینکه سیستم حمل و نقل شهری در دیگر شهرهای کشور در حال گسترش است، بررسی میدان مغناطیسی با توجه به فاکتورهای تاثیر گذار دیگر همچون شیب جغرافیایی تونل، تغییر مسیر در طول تونل و حتی عادات راهبری قطار می‌تواند در پیشگیری از ایجاد میدان‌های مغناطیسی غیر ضروری بسیار کمک کننده باشد.

نتیجه گیری

نتایج مطالعه نشان داد که مواجهه در این گروه شغلی تا حدود ۱۰برابر از میزان مواجهه عمومی بالاتر است و این امر نشان دهنده نیاز به توجه به این بعد از عوامل زیان آور محیط کار این گروه شغلی است. هرچند نتایج مطالعه نشان داد که از مواجهه تمام بدن راهبران از حدود مجاز مواجهه شغلی (TWA= ۰/۲ T و مقدار سقف ۲ T) فراتر نرفته است. البته این امر بدان معنا نیست که این سطح مواجهه کاملا ایمن و بی خطر است، چرا که برخی مطالعات افزایش شیوع بیماری هاچکین (۲۶) و سرطان خون (۱۱) را در کارکنان سیستم حمل و نقل ریلی که با سطوح پایینی از میدان مغناطیسی در مواجهه بودند، گزارش کرده اند.

سپاسگزاری

مقاله حاضر حاصل طرح تحقیقاتی با کد طرح ۲۰۴۳۹ و با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی تهران می‌باشد.

Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 12:09 IRDT on Saturday July 22nd 2017

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

نویسندگان مقاله از راهبران، کارشناسان واحد HSE و کلیه پرسنل شرکت بهره برداری راه آهن شهری تهران و حومه که در انجام این طرح همکاری نمودند کمال تشکر را دارند. لازم به ذکر است که نظرات ارایه شده در مقاله صرفا نظر نویسندگان است و منعکس کننده نظر شرکت مترو نیست.

References:

1- Stavroulakis P. ***Biological Effects of Electromagnetic Fields: Mechanisms, Modeling, Biological Effects, Therapeutic Effects, International Standards, Exposure Criteria:*** Springer 2003.

2- Halgamuge MN, Abeyrathne CD, Mendis P. ***measurment and analysis of electromagnetic field from, trams,trains and hybrid cars.*** Radiat Prot Dosim 2010;141(3):255-68.

3- Neutra RR. ***Glossary of terms used when discussing exposure to electric and magnetic fields.*** J Epidemiol Community Health 2005; 59(7): 546-50.

4- Dietrich FM, Jacobs WL. ***Survey and assessment of electric and magnetic field (EMF) public exposure in the transportation environment.*** 1999.

5- Contessa GM, Falsaperla R, Brugaletta V, Rossi P. ***Exposure to magnetic fields of railway engine drivers: acase study in Italy.*** Radiat Prot Dosim 2010; 142(2-4): 160-7.

6- Chadwick P, Lowes F. ***Magnetic fields on British trains.*** Ann Occup Hyg 1998; 42(5): 331-5.

7- Alfredsson L, Hammar N, Karlehagen S. ***Cancer incidence among male railwayengine-drivers and conductors in Sweden, 1976-90.*** Cancer causes control 1996; 7(3): 377-81.

8- Balli-Antunes M, Pfluger D, Minder CE. ***The mortality from malignancies of haematopoietic and lymphatic systems (MHLS) among railway engine drivers. Is exposure to low frequency electromagnetic fields associated with an increase of mortality from MHLS?*** Environmetrics 1990; 1(1): 121-30.

9- Villoresi G, Ptitsyna NG, Kudrin VA, Iucci N. ***Health Effects among Engine Drivers: Possible Association with Occupational Exposure to Magnetic Fields from DC Electrified Transport.*** in: Bersani F (editors). Electricity and Magnetism in Biology and Medicine. New york; Springer; 1999; 777-80.

10- Tynes T, Andersen A. ***Electromagnetic fields and male breast cancer.*** Lancet 1990; 336(8730):1596.

11- Röösli M ,Lörtscher M, Egger M, Pfluger D, Schreier N, Lörtscher E, et al. ***Leukaemia, brain tumours and exposure to extremely low frequency magnetic fields: cohort study of Swiss railway employees.*** Occup Environ med 2007; 64(8): 553-9.

12- Minder CE, Pfluger DH. ***Leukemia, brain tumors, and exposure to extremely low frequency electromagnetic fields in Swiss railway employees.*** Am J Epidemiol 2001; 153(9): 825-35.

13- Villoresi G, Ptitsyna NG, Tiasto MI, Iucci N. ***Myocardial infarct and geomagnetic disturbances: analysis of data on morbidity and mortality.*** Biofizika 1998; 43(4): 623-31.

Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 12:09 IRDT on Saturday July 22nd 2017

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

14- Ptitsyna NG, Villoresi G, Kopytenko YA, Kudrin VA, Tyasto MI, Kopytenko EA, et al. ***Coronary heart diseases: assessment of risk associated with work exposure to ultralow-frequency magnetic fields.*** Bioelectromagnetics 1996; 17(6): 436-44.

15- Roosli M, Egger M, Pfluger D, Minder C. ***Cardiovascular mortality and exposure to extremely low frequency magnetic fields: a cohort study of Swiss railway workers.*** Environ Health 2008; 7:35.

16- Santangelo L, Grazia MD, Liotti F, De Maria E, Calabró R, Sannolo N. ***Magnetic field exposure and arrythmic risk: evaluation in railway drivers.*** Int Arch Occup Environ Health 2005; 78(4): 337-41.

17- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). ***IEEE Recommended Practice for Measurements and Computations of Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields with Respect to Human Exposure to Such Fields, 0 Hz to 100 kHz.*** IEEE Std C95.3.1-2010. 1-101.

18- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). ***TLVs and BEIs.*** kemper meadow drive , Cincinnati , OH. 2012:124-6.

19- IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, International Agency for Research on Cancer. ***Non-ionizing Radiation: Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields.*** World Health Organization; 2002.

20- Ptitsyna NG, Kopytenko YA, Villoresi G, Pfluger DH, Ismaguilov V, Iucci N, et al. ***Waveform magnetic field survey in Russian DC and Swiss AC powered trains: a basis for biologically relevant exposure assessment.*** Bioelectromagnetics 2003; 24(8): 546-56.

21- McRobbie DW. ***Occupational exposure in MRI.*** Br J Radiol 2012; 85(1012): 293-312.

22- Yamaguchi-Sekino S, Nakai T, Imai S, Izawa S, Okuno T. ***Occupational exposure levels of static magnetic field during routine MRI examination in 3 T MR system.*** Bioelectromagnetics 2014; 35(1); 70-5.

23- Nakagava M, Koana T. ***Electricity and magnetism in biology and medicine.*** In: Blank M, Ed. San Francisco: Press Inc1993.

24- World Health Organization (WHO). ***Environmental Health Criteria: 232 static fields.*** Switzerland: WHO Press 2006. p 21.

25- Ptitsyna N, Ponzetto A. ***Magnetic fields encountered in electric transport: Rail systems, trolleybus and cars.*** InElectromagnetic Compatibility (EMC EUROPE), 2012 International Symposium on; 2012 Sep 17 (pp. 1-5). IEEE.

26- Savitz DA. ***Invited Commentary: Electromagnetic Fields and Cancer in Railway Workers.*** Am J Epidemiol 2001; 153(9): 836-8.

Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 12:09 IRDT on Saturday July 22nd 2017

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

Measurement of train's driver occupational exposure to static magnetic field

Monazzam MR (PhD)[1], Jalilian H (PhD)[2*], Najafi K (MSc)[3], Khosravi Y (PhD)[4]
Zokaie M (PhD)[5], Zamanian Z (PhD)[6]

[1,3] Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[2,6] Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran
[4] Research Center for Health, Safety and Environment, Alborz University of Medical Sciences, Alborz, Iran
[5] Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: 20 Apr 2015 ***Accepted:*** 20 Jul 2016

Abstract

Introduction: One of the pollutants that is developing in human life day by day, is Magnetic field. In modern urban transport systems, diesel motors have been replaced with electric motors, working with alternating and direct currents, and leading to occupational exposure of drivers with magnetic fields. This study aimed to determine the urban train's driver exposure with static magnetic fields and compare it with national occupational exposure limits.

Methods: In order to measure driver's exposure with static magnetic field, several samples were selected from urban AC and DC and AC intercity trains, in the 1,2,4, and 5 lines of Tehran, Iran. After determination of the sampling location, static magnetic field was measured by three axes magnetic field meter (HI-3550), according to the standard IEEE std C95.3.1 and previous studies. In order to data analyzing, the SPSS software (ver. 20) was used.

Results: The maximum exposure of drivers was in DC trains- line 2- (0.52 mT), meanwhile, average exposure of AC trains driver (0.095 mT) was higher than DC trains driver (0.081 mT). The average magnetic flux density between different lines has not significant differences. The highest levels of time-weighted average exposure were related to line 1 AC train drivers (0.06 mT).

Conclusion: Exposure of train's drivers was 10 time higher than background level, indicating a significant exposure in this job. However, in none of assessment situation, whole body exposure of train's driver was not exceeded from national occupational exposure level (TWA= 0.2 and ceiling= 2 T). Of course, it does not imply that this level of exposure is completely safe, because different studies, have reported health problems even at lower values of the magnetic field.

Keywords: Train drivers; Occupational exposure; Static magnetic field

This paper should be cited as:
Monazzam MR, Jalilian H, Najafi K, Khosravi Y, Zokaie M, Zamanian Z. ***Measurement of train's driver occupational exposure to static magnetic field.*** Occupational Medicine Quarterly Journal 2017; 9(2): 40-49.

Corresponding Author: Tel: +987137251001, Email: jalilianh@hotmail.com

Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 12:09 IRDT on Saturday July 22nd 2017
[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]