

## Comparison of the Protective Effect of Aluminum in the Laminate and Network Mode against Electromagnetic Radiation with a Selective Frequency of 900 MHz

Gholamhossein Pourtaghi <sup>1\*</sup>, Mahdi Karrabi <sup>2</sup>, Hassan Tavakoli <sup>3</sup>, Aliakbar Karimi Zarchi <sup>4</sup>, Asghar Ghahri <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Associate Professor, Health Research Center, Life style institute, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran

<sup>2</sup> MSc, Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Health, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran

<sup>3</sup> Professor, Department of Physiology and Biophysics, Faculty of Medicine, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran

<sup>4</sup> Professor, Department of Epidemiology and Biostatistics, Faculty of Health, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: 13 March 2017 Accepted: 23 July 2018

### Abstract

**Background and Aim:** Electromagnetic waves consist of a combination of two perpendicular magnetic and electrical fields that do not require a material environment to propagate. Exposure to electromagnetic radiation in different occupations can increase tissue heat and damage to the health of individuals. The aim of this study was to determine the ability of a protective layer made of aluminum metal in the sheet and net mode to reduce electromagnetic radiation.

**Methods:** This study was a descriptive-interventional study with a laboratory method in 2016. In this study, a non-ionizing radiation generator used to create electromagnetic waves at 900 MHz to radiate on the aluminum layers in sheet and net shapes in the same laboratory conditions. The wavelength of the aluminum metal was measured using an electromagnetic radiation measuring apparatus. Data were analyzed using SPSS-18 software.

**Results:** The findings showed that electromagnetic waves in laboratory conditions of aluminum are less than that of the lattice. The aluminum network with a 1 mm pore size is more potent than the ratio of the network with 5 mm pores in reducing the transmission of waves with a frequency of 900 MHz.

**Conclusion:** The behavior of radio waves varies in different frequencies. In general, with increasing thickness, the ability to protect against the passage of waves increases very slightly. The aluminum network has less power compared to its laminar mode for electromagnetic waveguide protection at a wavelength of 900 MHz.

---

**Keywords:** Electromagnetic Waves, Radiation Reduction, Aluminum Sheets, Aluminum Network.

\*Corresponding author: Gholamhossein Pourtaghi, Email: [pourtaghi@bmsu.ac.ir](mailto:pourtaghi@bmsu.ac.ir)

## مقایسه اثر حفاظتی فلز آلومینیوم در دو حالت ورقه و شبکه در برابر تشعشعات الکترومغناطیسی با فرکانس انتخابی ۹۰۰ مگاهرتز

غلامحسین پور تقی<sup>۱\*</sup>، مهدی کرابی<sup>۲</sup>، حسن توکلی<sup>۳</sup>، علی اکبر کریمی زارچی<sup>۴</sup>، اصغر قهیری<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشیار، مرکز تحقیقات بهداشت، پژوهشکده سبک زندگی، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران  
<sup>۲</sup> کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران  
<sup>۳</sup> استاد، گروه فیزیولوژی و فیزیک پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران  
<sup>۴</sup> استاد، گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران

### چکیده

**زمینه و هدف:** امواج الکترومغناطیس از ترکیب دو میدان مغناطیسی و الکتریکی عمود بر هم تشکیل شده که برای انتشار خود نیاز به محیط مادی ندارند. مواجهه با پرتوهای الکترومغناطیسی در مشاغل مختلف می تواند باعث افزایش حرارت بافتی و آسیب به سلامتی افراد گردد. هدف از انجام این مطالعه تعیین میزان توانایی کاهش توان تشعشعی امواج الکترومغناطیسی با استفاده از بکارگیری لایه حفاظتی ساخته شده از فلز آلومینیوم در دو حالت ورقه و شبکه بود.

**روش ها:** این مطالعه از نوع توصیفی- مداخله ای به روش آزمایشگاهی بود که در سال ۱۳۹۵ انجام گرفت و در طی آن با استفاده از دستگاه مولد اشعه غیر یونیزان، امواج الکترومغناطیس در فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز بر روی لایه های فلزی آلومینیوم به صورت ورقه و شبکه در شرایط آزمایشگاهی یکسان قرار گرفته و میزان عبور امواج از آنها با کمک دستگاه ویژه سنجش تشعشعات الکترومغناطیسی اندازه گیری شد. داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS-18 تحلیل شد.

**یافته ها:** نتایج این تحقیق نشان داد در این فرآیند، میزان عبور امواج الکترومغناطیس در شرایط آزمایشگاهی فلز آلومینیوم به صورت ورقه کمتر از حالت شبکه ای می باشد. همچنین شبکه آلومینیوم با منافذ ۱ میلیمتر توان بیشتری نسبت به شبکه با منافذ ۵ میلیمتری در کاهش عبور امواج با فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز را دارد.

**نتیجه گیری:** رفتار امواج رادیویی در فرکانسهای مختلف متفاوت بوده و در مجموع با افزایش ضخامت میزان توانایی حفاظ در مقابله با عبور امواج به صورت بسیار جزئی افزایش می یابد. شبکه آلومینیوم توان کمتری در مقایسه با حالت ورقه ای آن به عنوان حفاظ امواج الکترومغناطیسی در طول موج ۹۰۰ مگاهرتز دارد.

**کلیدواژه ها:** امواج الکترومغناطیس، کاهش تشعشعات، ورقه آلومینیوم، شبکه آلومینیوم.

## مقدمه

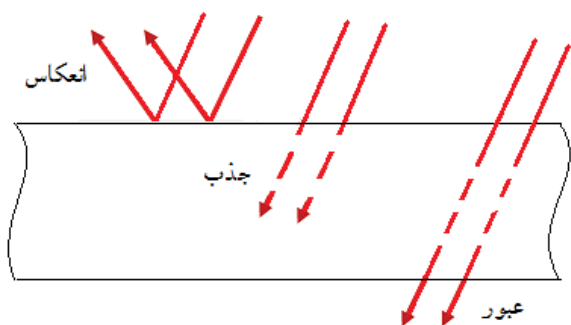
گسترش روزافزون امواج الکترومغناطیسی به ویژه در محدوده مخابراتی و تلوزیونی باعث گردیده است تا همواره انسانها در معرض این تابشها به صورت ناخواسته قرار بگیرند. امروزه اثرات زیان آور حرارتی پرتوهای رادیویی بر روی بدن انسان به خوبی شناخته شده هستند (۱).

میزان مجاز تماس شغلی برای امواج رادیویی و میکروویو که از طرف اداره سلامت و ایمنی شغلی آمریکا (ACGIH) اعلام گردیده است و توسط اکثر مراجع ذی صلاح علمی جهان به تأیید رسیده،  $10 \text{ mw/cm}^2$  برای یک بازه زمانی ۶ دقیقه ای می باشد که این مقدار براساس اثرات حرارت زایی این پرتوها تعیین شده است (۲). با شناخته شدن اثرات غیرحرارتی از قبیل اثرات عصبی روانی که در برخی اوقات در حدود مواجهه کمتر از شدت های تولیدکننده حرارت ایجاد می شود نیز توصیه هایی برای کاهش این مقادیر کم ارائه شده است (۳).

عوارض ناشی از تشعشعات الکترومغناطیس غیریونیزان، در انسان بیشتر ناشی از تغییر درجه حرارت در بافت ها و سلولهای مختلف است لیکن در مطالعات جدیدتر اثرات غیرحرارتی، کانون توجه بوده است (۴). به طور کلی بیشترین عوارض مطرح شده در تحقیقات عبارت از تأثیر بر سیستم تولید مثل، تغییرات هماتولوژیک و جهش زایی، سوماتیک و کارسینوژنوسیتی و نیز اختلالات غیراختصاصی عصبی رفتاری می باشند (۵و۶).

تأثیر بر روی تغییرات ژنی (۷) و همچنین جابجایی مایعات درون سلولی از دیگر آسیبهای احتمالی ناشی از پرتوهای الکترومغناطیس می باشد (۸). تأثیر منفی امواج تابیده شده از وسایل الکترونیکی و سایر تجهیزات رادیویی و مخابراتی بر بافت های زنده و احتمال ایجاد سلولهای سرطانی لزوم تعیین روشهایی به منظور پیشگیری از پرتوگیری ناخواسته را نشان می دهد (۹). به منظور حفاظت فیزیکی در مقابل تشعشعات رادیویی می توان در شرایط مختلف از حفاظهای فلزی مناسب استفاده کرد (۱۰). این در حالی است که دیواره های سیمانی ساختمانها به تنهایی هیچ گونه حفاظت قابل قبولی در برابر پرتوهای رادیویی ندارند (۱۱) مگر آنکه در داخل آنها به صورت ترکیبی از فلزاتی مانند آهن پر شده باشند (۱۲)، همچنین با استفاده از ترکیب سیمان و فیبر کربن نیز امکان جذب و یا بازتاب امواج وجود دارد (۱۳ و ۱۴).

پوشش های دیگری نیز مانند فلز مس و ترکیبات کربنی که با انعکاس یا جذب امواج الکترومغناطیسی، میزان عبور آنها را از پوشش کاهش می دهند نیز مورد توجه هستند (۱۵). نحوه عملکرد لایه های حفاظتی در مواجهه با امواج الکترومغناطیسی متفاوت بوده و معمولاً قسمتی جذب، قسمتی منعکس و قسمتی هم ممکن است عبور پیدا کند (شکل-۱).



شکل-۱. نمایش نحوه اثر لایه حفاظتی فلزی در مقابل تابش امواج الکترومغناطیسی

در فرکانس های پایین میرایی ناشی از انعکاس اهمیت بیشتری دارد در حالی که در فرکانس های بالا جذب بیشتری اتفاق می افتد و لذا در فرکانس بالا لایه محافظ نازک کافی است، در حالی که در فرکانس های پایین این موضوع صدق نمی کند (۱۶). بر اساس استانداردهای نظامی میزان افت جذب تشعشعات رادیویی در اثر گرفتن در مقابل حفاظ فلزی برحسب دسیبل بر اساس رابطه-۱ محاسبه می گردد (۱۷). در این رابطه A افت جذب، K1 ضریب ثابت و برابر با  $1/4 \times 10^3$ ، ضخامت،  $\mu\text{T}$  ضریب نفوذپذیری و  $g\text{T}$  ضریب هدایت الکتریکی می باشد.

$$A = K_1 l \sqrt{f \mu_r g_r}$$

رابطه-۱

میزان افت جذب امواج رادیویی برای آلومینیوم در فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز برابر با ۳۸۰۰ دسیبل و برای فرکانس ۱۰ مگاهرتز برابر با ۴۰۰ دسی بل می باشد. برخی تحقیقات نشان می دهد که در صورت استفاده از یک کامپوزیت سیمان با پر کننده ای که رسانای الکتریکی باشد امکان حفاظت در مقابل امواج را فراهم می آورد (۱۸). کامپوزیت های سیمانی پایه پلیمری معمولی عایق الکتریکی خوبی بوده و حفاظت چندانی در مقابل امواج ندارند ولی ترکیب سیمان با برخی فلزات رسانایی و توانایی حفاظتی آن را افزایش می دهد (۱۹). در تحقیقات جدید لایه کامپوزیتی حاصل از سیمان امکان جذب تشعشعات الکترومغناطیسی را در فرکانس بین ۸ تا ۱۸ گیگاهرتز، با استفاده از یک نمونه ۲۰ میلی متری از کامپوزیت فراهم نموده است (۲۰).

آلومینیم قابلیت هدایت الکتریکی خوبی (تقریباً به اندازه ۰/۶۵ مس) دارد و قابلیت هدایت حرارتی آن نیز زیاد است. در اثر اضافه کردن عناصری مانند منیزیم، مس، سیلیسیم، روی، سرب و منگنز به آلومینیم، آلیاژهای متعددی از آلومینیم به دست می آید که ویژگی های متنوعی دارند. آلیاژهای آلومینیومی که امروزه تولید می شوند، دارای ویژگی هایی مشابه فولاد هستند (۲۱)، لذا احتمال داده می شود که توانایی خوبی برای حفاظت در برابر امواج رادیویی داشته باشند. قیمت مناسب، استحکام و پایداری مناسب فلز

آلومینیوم و مقاوت آن در برابر زنگ زدگی علت اصلی انتخاب آن در این تحقیق به عنوان یک حفاظ در برابر امواج رادیویی بود. هدف از انجام این مطالعه بررسی میزان توانایی کاهش و جذب تشعشعات الکترومغناطیسی در فرکانس انتخابی ۹۰۰ مگاهرتز با استفاده از بکارگیری لایه حفاظتی ساخته شده از فلز آلومینیوم در دو حالت ورقه و شبکه و در ضخامت های متفاوت بود.

## روش ها

این مطالعه از نوع توصیفی-مداخله ای به روش آزمایشگاهی بود که در سال ۱۳۹۵ در گروه مهندسی بهداشت حرفه ای یک دانشگاه نظامی در شهر تهران به منظور بررسی مقایسه ای اثر حفاظتی فلز آلومینیوم در دو حالت ورقه و شبکه در برابر تشعشعات مخابراتی ناخواسته در فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز انجام شد.

**تولید تشعشعات الکترومغناطیسی در فرکانس ۹۰۰MHz:** برای تولید تشعشعات الکترومغناطیسی در فرکانس ۹۰۰MHz در محیط آزمایشگاه از یک دستگاه مولد اشعه غیر یونیزان، موج الکترومغناطیسی با فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز و توان خروجی هفت وات که کاربرد زیادی در مراکز مخابراتی دارد استفاده گردید و برای اطمینان از فرکانس و توان امواج تولیدشده، دستگاه سنجش و اندازه گیری ویژه تشعشعات الکترومغناطیسی مدل (Narda) که قبلا در آزمایشگاه کالیبره شده بود بکار گرفته شد.

**تهیه لایه محافظ آلومینیومی امواج و آزمایش آنها:** حفاظهای آلومینیومی مورد نیاز از ورقه و شبکه آلومینیومی با ضخامتهای مورد نیاز شامل ضخامت ۰/۱ میلیمتر و ۰/۵ میلی متر و شبکه در مش های ۱ و ۵ میلیمتری از بازار تهیه گردید و در ابعاد مورد نیاز آماده سازی شد. برای تعیین میزان کاهش و کنترل امواج الکترومغناطیسی توسط لایه های محافظ آلومینیومی ساخته شده در هر مرحله این لایه ها در شرایط مختلف در مقابل دستگاه تولید اشعه قرار داده شده و میزان عبور امواج از آنها به دستگاه ویژه سنجش تشعشعات الکترومغناطیسی اندازه گیری می شد. به منظور جلوگیری از تداخل تابش های زمینه ای که ممکن است در محیط آزمایشگاه وجود داشته و باعث تداخل در کار اندازه گیری شوند کلیه آزمایشات در داخل یک اتاقک کوچک فلزی از جنس آهن با ضخامت ۵ میلیمتر که از قبل با اندازه گیری از عدم وجود تشعشع در داخل اتاقک اطمینان حاصل شده بود انجام گرفت. با توجه به اینکه در احداث اکثر ساختمانها از دیواره های بتنی با ضخامتهای بین ۶ تا ۱۲ سانتیمتر استفاده می شود، در ادامه آزمایشات لایه های محافظ تولید شده بر روی دیواره بتنی در ابعاد یک متر مربع و با ضخامت ۶ و ۱۲ سانتیمتر قرار گرفته و اندازه گیری ها مجدداً تکرار گردیدند تا اثر ثانویه احتمالی کاهش امواج ناشی از دیواره های بتنی نیز مشخص گردد.

**تجزیه و تحلیل آماری داده ها:** اطلاعات بدست آمده ناشی از بکارگیری لایه های محافظ تشعشعات و میزان کاهش عبور امواج از آنها در جداول جداگانه در دو حالت بدون لایه محافظ و با لایه محافظ ثبت شده و توسط نرم افزار SPSS-18 مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به وجود داده های کمی در مطالعه، از شاخصهای مرکزی و پراکندگی (میانگین و انحراف معیار) برای توصیف داده های کمی و فاصله اطمینان ۹۵٪ برای میانگین استفاده گردید. میزان تفاوتها در کاهش عبور امواج در گروههای آزمایشی با کمک آزمون آنالیز واریانس و آزمون ناپارامتری Mann-Whitney - با سطح معنی داری  $P < 0.05$  مقایسه شده و مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند.

**ملاحظات اخلاقی:** با توجه به اینکه ممکن بود تابش امواج تولیدی خطراتی بر روی سلامتی تیم تحقیقاتی داشته باشد همه موارد ایمنی و به ویژه دور بودن افراد در هنگام روشن شدن دستگاه مولد اشعه رعایت گردید.

## نتایج

نتایج تحقیق نشان داد که میزان جذب تشعشع در حفاظ آلومینیوم با مش ۱ میلی متری با حفاظ آلومینیوم با مش ۰/۵ میلی متری در فاصله ۵۰ سانتی متری از دستگاه مولد اشعه معنی دار نبوده است، اما میزان کاهش امواج الکترومغناطیسی با فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز و با توان ۷ وات در فاصله ۵۰ سانتی متری از مولد اشعه، در حفاظ آلومینیوم با مش ۱ میلی متری نسبت به حفاظ آلومینیوم با مش ۵ میلی متری بیشتر بوده است ( $P=0.001$ ). همچنین میزان کاهش امواج الکترومغناطیسی در حفاظ ترکیبی لایه بتن ۱۲ سانتیمتری و آلومینیوم با مش ۵ میلی متری نسبت به حفاظ آلومینیوم با مش ۵ میلی متری بدون لایه بتنی یکسان بوده ولی از لایه آلومینیومی با ضخامت ۱ میلیمتر کمتر بوده است ( $P=0.01$ ) و این نتیجه نشان دهنده بی اثر بودن لایه بتنی در ضخامت ۱۲ سانتیمتر می باشد.

میزان کاهش امواج الکترومغناطیسی با فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز و با توان در فاصله ۵۰ سانتی متری از مولد اشعه، در حفاظ ساخته شده از ورق آلومینیوم با ضخامت ۰/۱ میلی متری نسبت به حفاظ آلومینیوم با مش ۱ میلی متری بیشتر بوده است. میزان کاهش امواج الکترومغناطیسی با فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز و با توان در حفاظ ورق آلومینیوم با ضخامت ۰/۱ میلی متری نسبت به حفاظ آلومینیوم با مش ۱ میلی متری بیشتر بوده است. میزان کاهش امواج الکترومغناطیسی با فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز و با توان در فاصله ۵۰ سانتی متری از مولد اشعه، در حفاظ ورق آلومینیوم با ضخامت ۰/۵ میلی متری نسبت به حفاظ آلومینیوم با مش ۱ میلی متری بیشتر بوده است ( $P=0.01$ ).

میزان کاهش امواج الکترومغناطیسی با فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز و با توان در فاصله ۵۰ سانتی متری از مولد اشعه، در حفاظ ورق آلومینیوم با ضخامت ۰/۵ میلی متری نسبت به حفاظ ورق آلومینیوم با ضخامت ۰/۱ میلی متری بیشتر بوده است.

میزان کاهش امواج الکترومغناطیسی با فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز و با توان در فاصله ۵۰ سانتی متری از مولد اشعه، در حفاظ آلومینیوم با مش ۱ میلی متر نسبت به حفاظ آلومینیوم با مش ۵ میلی متری بیشتر بوده است.

میزان جذب اشعه در حفاظ آلومینیوم با مش ۰/۵ میلی متری نسبت به حفاظ آلومینیوم با مش ۱ میلی متری بیشتر بوده است.

جدول-۱. میزان کاهش امواج الکترومغناطیسی با فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز در حفاظهای مختلف

نوع حفاظ	مقدار و کارایی	مقدار عبور اولیه $mw/cm^2$	مقدار عبور ثانویه $mw/cm^2$	درصد کاهش (کارایی)
شبکه آلومینیوم با مش ۱ میلیمتر	۲	۰/۷۵	۰/۷۵	۶۲/۵ درصد
شبکه آلومینیوم با مش ۵ میلیمتر	۲	۰/۵۵	۰/۵۵	۷۲/۵ درصد
ورق آلومینیوم ضخامت ۰/۱ میلیمتر	۲	۰/۳۱	۰/۳۱	۸۴/۵ درصد
ورق آلومینیوم ضخامت ۰/۵ میلیمتر	۲	۰/۳۰	۰/۳۰	۸۵ درصد

جدول-۲. تعیین میزان کارایی حفاظهای مختلف در ضخامتهای مورد بررسی

پارامتر	نوع حفاظ		شبکه آلومینیوم		ورق آلومینیوم	
	با مش ۱ میلیمتر	با مش ۵ میلیمتر	شبکه آلومینیوم با مش ۵ میلیمتر	ورق آلومینیوم ضخامت ۰/۱ میلیمتر	ورق آلومینیوم ضخامت ۰/۵ میلیمتر	ورق آلومینیوم ضخامت ۰/۵ میلیمتر
میانگین	۰/۷۵۵۰	۰/۵۵۵۰	۰/۵۵۵۰	۰/۳۱۰۰	۰/۳۰۶۷	۰/۳۰۶۷
بازه اطمینان ۹۵ درصد حد پایین	۷۴۶۲/۰	۵۴۶۲/۰	۵۴۶۲/۰	۲۹۶۷/۰	۲۹۸۱/۰	۲۹۸۱/۰
بازه اطمینان ۹۵ درصد حد بالا	۷۶۳۸/۰	۵۶۳۸/۰	۵۶۳۸/۰	۳۳۳۳/۰	۳۱۵۲/۰	۳۱۵۲/۰
کمترین	۷۴/۰	۵۴/۰	۵۴/۰	۳۰/۰	۳۰/۰	۳۰/۰
بیشترین	۷۶/۰	۵۶/۰	۵۶/۰	۳۳/۰	۳۲/۰	۳۲/۰

## بحث

تابشهای تولید شده از منابع مختلف الکترومغناطیسی دارای انرژی حرارتی بوده و لازم است از برخورد آنها به بدن انسان جلوگیری به عمل آید. لایه های مختلف فلزی توانایی جذب تشعشعات الکترومغناطیسی را به منظور محافظت بدن انسان از مواجهه با این تشعشعات دارا می باشند. این لایه های فلزی را می توان به صورت دیواره در مقابل امواج قرار داد و گاهی نیز ممکن است برای تولید لباس محافظ بکار گرفته شوند ولی باید توجه داشت که خواص حفاظتی لایه های فلزی در شرایط مختلف و ضخامتهای مختلف و نوع تابش متفاوت خواهد بود (۲۲).

نتایج حاصل از تحقیق حاضر که در آن از فلز آلومینیوم در دو حالت شبکه و ورقه استفاده گردید و اثر دیواره بتنی با ضخامت ۱۲ سانتیمتر تیز بر روی میزان جذب اشعه مورد سنجش قرار گرفت نشان می دهد که میزان جذب تشعشعات در فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز توسط ورقه آلومینیوم بیشتر از حالت شبکه می باشد.

آنالیز واریانس نشان می دهد که اختلاف میزان جذب ورقه با ضخامت ۰/۵ میلیمتر نسبت به ورقه با ضخامت ۰/۱ میلیمتر و همچنین نسبت به شبکه با مش ۱ و ۵ میلیمتر می باشد معنی دار می باشد (p=0.25) و لذا با افزایش ضخامت لایه میزان جذب بیشتر می گردد. همچنین با کاهش قطر منافذ شبکه آلومینیوم از ۵ به ۱ میلیمتر نیز میزان جذب افزایش می یابد.

تهیه ورقه های مس و آلومینیوم از نظر اقتصادی مقرون به

صرفه بوده و امکان تهیه آنها به صورت ورقه و شبکه به همراه خاصیت رسانایی خوبی که دارند باعث شده است در محیطهای نظامی از آنها به عنوان محافظ تشعشعات الکترومغناطیسی و مایکروویو استفاده شود. در شرایطی که نیاز به حفاظ الکترومغناطیسی با وزن کمتر باشد می توان از پلیمرهای ویژه و یا نانو لوله های کربنی که هدایت الکتریکی بالایی دارند استفاده نمود (۲۳). از دیگر مزایای این پلیمرها انعطاف پذیری نسبت به فلز و قابلیت استفاده از آنها در البسه و یا طیف گسترده ای از سازه های مختلف می باشد (۲۴). استفاده از نانوکربنها برای تولید البسه که در تحقیق Chung و همکاران (۲۵) پیشنهاد شده است به سبب سبک وزن بودن اهمیت زیادی دارد ولی در تحقیق حاضر پیشنهاد شده است که از ورقه های آلومینیوم برای پوشش دیواره ها به عنوان حفاظ پیرامونی پرسنل شاغل در اتاقهای فرمان و مخابرات استفاده شود که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه می باشد و همواره به راحتی در دسترس هستند در حالی که نانوذرات کربن گران قیمت بوده و فقط می توانند در البسه به عنوان حفاظت فردی مورد استفاده قرار گیرند. البته نه تنها در سالهای گذشته بلکه اخیرا نیز استفاده از لایه های نازک بافته شده از شبکه مسی در تولید البسه محافظ کارکنان مراکز مخابراتی پیشنهاد شده و عملا مورد استفاده قرار گرفته است. و این در حالی است که استفاده از آلومینیوم به علت سبکتر بودن نسبت به تحقیقهای مشابه از جمله مطالعه Bhattacharjee (۲۶) می تواند دارای اهمیت بیشتری باشد.

ذرات بسیار ریز فلزی از این دیواره به عنوان لایه محافظ امواج رادیویی استفاده کند که البته در تحقیق حاضر به علت اینکه با هدف ایجاد حفاظت در اتاقهایی که قبلاً ساخته شده اند که امکان تغییر در ساختمان آنها وجود نداشته است انجام گرفت و لذا امکان اضافه نمودن فلزات در درون بتن وجود نداشت. پیشنهاد می گردد در مطالعات آینده بر روی ترکیبی از بتن که درون آن از ذرات و قطعات فلزات مختلف پر شده باشد به عنوان لایه محافظ تشعشعات رادیو فرکانس در محدوده فرکانسهای پر مصرف در مراکز رادیویی و مخابراتی تحقیق به عمل آید. همچنین یکی از محدودیتهای این مطالعه عدم استفاده از امواج الکترومغناطیسی در طول موجهای مختلف بود که پیشنهاد می گردد در تحقیقات بعدی مدنظر قرار گیرد.

### نتیجه گیری

با توجه به مطالعات انجام شده و آزمایشات حاصل از تحقیق حاضر نتیجه گیری می شود که برای ایجاد حفاظت در مقابل تشعشعات رادیویی و مخابراتی در اتاقهایی که دیواره های بتنی دارند می توان از لایه های فلزی استفاده نمود. پوشش آلومینیومی پیشنهادی در این تحقیق به علت عدم زنگ زدگی در مقابل رطوبت، ارزان و سبک بودن می تواند نسبت به سایر فلزات ارجحیت داشته باشد. ضخامت لایه های فلزی در کاهش امواج الکترومغناطیسی در محدوده فرکانس و قدرت مورد استفاده در این تحقیق تاثیر زیادی در کاهش امواج نداشت و لذا استفاده از لایه های نازک به صورت ورقه می تواند در تولید محافظ تشعشعات الکترومغناطیسی در شرایط اجرای این تحقیق قابل استفاده باشد.

### تشکر و قدردانی: این مطالعه حاصل از انجام پایان نامه

دانشجویی می باشد که در سال ۱۳۹۵ در گروه مهندسی بهداشت حرفه ای دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج) به انجام رسیده است و از معاونت پژوهش دانشکده بهداشت که بودجه تحقیق را فراهم نمودند تقدیر و تشکر به عمل می آید.

### تضاد منافع: نویسندگان مقاله تصریح می نمایند که هیچ

گونه تضاد منافی در انجام پژوهش حاضر وجود نداشته است.

### منابع

1. Wei Z, Li F, Xiang J. Recent advances in the effects of microwave radiation on brains Mil Med Res. 2017; 4(29). PMID: 29502514.
2. Cristian G, Răzvan D, Eugenia Florin M, Dorina EC. Exposure to Microwaves Generated By Radar Equipment: Case-Study and Protection Issues. Env Engin and Manag J. 2011;10 (4): 491-498.
3. Pokovic K, Schmid T, Frohlich J, Kuster N. Novel probes and evaluation procedures to assess field magnitude and polarization, IEEE Trans Electro Compat. 2000; 42: 240-244.

ضمناً باید توجه داشت که استفاده از حفاظ امواج الکترومگنتیک فقط برای کاربردهای بهداشت و سلامت نیست و بلکه جنبه های ایمنی و یا جلوگیری از تداخل امواج و عدم تاثیر پذیری زمینه ای آن نیز مطرح می باشد. Zhengbin به منظور جلوگیری از تداخل امواج در مدارهای الکتریکی استفاده از این پوششها را مورد بررسی قرار داد و لذا از نتایج مطالعه حاضر نیز می توان برای کاربردهای فنی و مهندسی در الکترونیک استفاده نمود (۲۷).

Thein و همکاران (۲۸) در سال ۲۰۰۷ با بکارگیری الیاف نازک فولاد در تولید پارچه های هادی الکتریسیته استفاده از آنها را در البسه برای زنان خانه دار که زمان زیادی را در مقابل وسایل الکتریکی و یا اجاقهای میکروویو به سر می برند پیشنهاد داد و این در حالی بود که Kapilevich استفاده از پلیمرهای بسیار نازک هادی الکتریکی را برای البسه و پوششهای مختلف بکار گرفت (۲۹) و مطابق تحقیق Avloni استفاده از پلیمرهای هادی الکتریکی از سال ۱۹۹۵ به بعد به تدریج اهمیت زیادی در تولید البسه محافظ امواج پیدا کرده اند (۳۰) ولی باید توجه داشت که در همه این موارد استفاده از آنها در دیواره اتاقها کمتر مورد توجه بوده است و تحقیق حاضر از این منظر دارای نوآوری می باشد.

نکته دیگری که در تحقیق حاضر اهمیت داشت بکارگیری پوشش محافظ بر روی دیواره سیمانی با ضخامت ۱۲ سانتیمتر بود. همانطور که نتایج اندازه گیریها نشان می دهد دیواره سیمانی مورد استفاده به تنهایی هیچگونه تاثیری در کاهش یا جذب امواج الکترومغناطیسی در محدوده مورد استفاده در این تحقیق نداشته است. لذا نتیجه گیری می شود که دیواره بتنی در ابعاد مورد استفاده بخودی خود توانایی جذب امواج را ندارد. در برخی تحقیقات برای اینکه از دیواره های بتنی به عنوان جاذب امواج الکترومغناطیسی استفاده کنند در درون بتن از ذرات فلزی استفاده کرده اند ولی با روش های علمی و با پرکردن آن با انواع هادی ها و یا افزایش مواد به سیمان می تواند باعث جذب، انعکاس و جلوگیری از نفوذ امواج غیر یونیزان گردید. نتیجه مطالعه Hongtao و همکاران (۳۱) نشان می دهد که دیواره بتنی تاثیری در کاهش امواج الکترومغناطیسی در محدوده ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ هرتز ندارد که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد، Hongtao توانست با پرکردن بتن از

4. Ashraf A, Safaai B, Nazar Z. The Effects on Cells Mobility Due to Exposure to EMF Radiation. Advanced Computing International Journal. 2011; 2: 28-31 .
5. Phillips JL, Singh NP, Lai H. Electromagnetic fields and DNA damage. Pathophysio j. 2009; 16: 79-88.
6. Cossarizza A, Angioni S, Petraglia F, Genazzani A. Exposure to low frequency pulsed electromagnetic fields increases interleukin 1 and interleukin 6 production by human peripheral blood

mononuclear cells. *Experi Cell Res.* 1993; 204: 385–387.

7. McNamee J, Chauhan V. Radiofrequency Radiation and Gene/Protein Expression: A Review. *Rad Res J.* 2009; 172: 265-287.

8. Bourthoumieu S, Magnaudeix A, Terro F, Leveque F. Study of p53 expression and post-transcriptional modifications after GSM-900 radiofrequency exposure of human amniotic cells. *Bioelectromag j.* 2013; 34: 52-60.

9. Jauchem JR. Effects of low-level radio-frequency (3kHz to 300GHz) energy on human cardiovascular, reproductive, immune, and other systems: a review of the recent literature. *Int j of hyg and env heal.* 2008; 211: 1-29.

10. Zhang YF, Hao WJ, Li BY, Duan YP, Liu SH. Electromagnetic Wave Absorbing Properties of Glass Fiber Reinforced Cement Composites with Special-Shaped Structure Surfaces. *Appl Mech and Mater.* 2013; 401: 614-8.

11. Guan H, Liu S, Duan Y, Zhao Y. Investigation of the electromagnetic characteristics of cement based composites filled with EPS. *Cement and Conce Compos J.* 2007; 29(1):49-54.

12. Xiang D, Xu L, Jia L. The design of basement rebuilding into radial shielded room. *J Shand Inst Arch Eng* 2001; 16: 64–8.

13. Celozzi S, Araneo R, Lovat G. *Electromagnetic shielding handbook* : Wiley. com; 2008, :326-380.

14. Oussaid R. Study of the materials improvement in electromagnetic compatibility. *J Electrical Systems Special.* 2009; 01: 53-6

15. Simanclik F, Jerz J, Kovacik J, Minár P. Aluminium foam-a new light weight structural material. *Kovove mater.* 1997; 35(4): 34-37.

16. Mihut D, Lozano K, Tidrow S, Garcia H. Electromagnetic interference shielding effectiveness of nanoreinforced polymer composites deposited with conductive metallic thin films. *Thin Solid Films.* 2012; 520(21): 6418-51.

17- Mil-419a-Department of Defense-USA-1987- Grounding, bonding and shielding for Electronic Equipment and Facilities.

18. Cao J, Chung D. Use of fly ash as an admixture for electromagnetic interference shielding. *Cement and conc research.* 2004; 34: 1889-1892.

19. Dosoudil R, Franek J, Sláma J, Olah V. RF electromagnetic wave absorbing properties of ferrite polymer composite materials. *J Magnet and Magnet Materials.* 2006; 304: 755-760.

20. Li RG, Zhou SY, Tian K, Yao P, Xiao JR, editors. *Design and Preparation of Cement-Based Composite with Electromagnetic Protection.* Mater Science Forum. 2013; 382-388.

21. Ren Y-L, Wu H-Y, Lu M-M, Chen Y-J, Zhu C-L, Gao P, et al. Quaternary Nanocomposites Consisting of Graphene, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Core Shell, and ZnO Nanoparticles: Synthesis and Excellent Electromagnetic Absorption Properties. *Applied materials & interfaces.* 2012; 4(12) 6436–6442.

22. Yoshihiro E, Kunio S, Takanori T, Tadashi Y, Hiroshi I. Preparation and characterization of conductive fabrics coated uniformly with polypyrrole nanoparticles. *Synthetic Metals.* 2011; 161:219-224.

23. Chung D. Comparison of submicron-diameter carbon filaments and conventional carbon fibers as fillers in composite materials. *Carbon.* 2001; 39: 9-25.

24. Talbot P, Konn A, Brosseau C. Electromagnetic characterization of fine-scale particulate composite materials. *J magnet and magnetic materials.* 2002; 249: 481-5.

25. Chung D. Materials for electromagnetic interference shielding. *J Mater Eng Perform.* 2000; 9: 350–354 .

26. Bhattacharjee S. Protective Measures to Minimize the Electromagnetic Radiation. *Advance in Electro and Electric Eng J.* 2014; 4 (4): 375-380.

27. Zhengbin X, Hai H. Electromagnetic interference shielding effectiveness of aluminum foams with different porosity Author links open overlay. *J of Alloys and Comp.* 2013; 617(25): 207-213.28.

28. Tien W, Shyr J, Wei S. Electromagnetic shielding mechanisms using soft magnetic stainless steel fiber enabled polyester textiles, *J of Magnetism and Magnetic Materials.* 2007; 324: 4127–4132.

29. Kapilevich B, Litvak B, Anisimov M, Hardon D and Pinhasi Y. Complex permittivity measurements of textiles and leather in a free space: An angular invariant approach', *International J Microwave Sci and tech.* 2012; Article ID:375601.

30. Avloni J, Florio L, Henn AR, Lau R, Ouyang M, and Sparavigna A. Polypyrrole –coated nonwovens for electromagnetic shielding, *Synthetic Metals.* 1995; 69:205-208.

31. Hongtao G, Shunhua L, Yuping D. Cement based electromagnetic shielding and absorbing building materials. *Cem Conc Compos J.* 2006; 28(5): 468-474.