

Çeşitli Malzemelerinin Elektromanyetik Kalkanlama Verimlilikleri

Sinan Recepoğlu¹, Burak Dursun¹, İlker Tekin², Mehmet Barış Tabakcıoğlu¹

¹Bursa Teknik Üniversitesi
Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Bursa
snnrcpglu@gmail.com, burakdursun970@gmail.com, mehmet.tabakcioglu@btu.edu.tr

²Karabük Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Karabük
ilkertekin@karabuk.edu.tr

Özet: Elektromanyetik uyumluluk testleri cihazların düzgün çalışması ve sağlık için çok önemlidir. Elektromanyetik dalga yayıcılar belirli limitlerin altında yayın yapmalıdır. Bu çalışmada, 100 MHz-6 GHz arası yayın yapan bir dalga jeneratörü ve bu dalgayı yakalayan bir spektrum analizör kullanılarak ölçümler yapıldı. Boş uzaydaki zayıflama ve araya engel girdiği durumlardaki zayıflama için ölçümler yapıldı. Malzeme olarak, beton, gaz beton, alüminyum katkılı beton, strafor katkılı beton, kömür katkılı beton, karbon katkılı sünger, çelik ve Bayburt taşı kullanıldı. Alıcı verici arasına konulan malzemenin türüne göre zayıflamanın nasıl ve niçin değiştiği tartışıldı.

Abstract: Electromagnetic compatibility tests are very important to work properly for equipment and health. Electromagnetic wave transmitters should be broadcast below the determined limits. In this study, measurements are made by using a generator operating between 100 and 6000 MHz and a spectrum analyzer to catch the wave emanates from generator. Measurements are made for free space and materials between the antennas. Concrete, cellular concrete, concrete doped with aluminum, concrete doped with styropor, concrete doped with carbon, carbon filled sponge, steel block and Bayburt Stone are used as material. How and why attenuation is changed with material types is discussed.

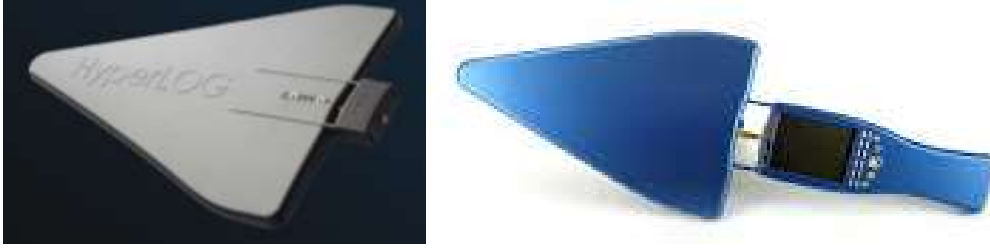
1. Giriş

Kablosuz haberleşme temelli cep telefonu, tablet, modem gibi elektronik cihazlar bir elektromanyetik radyasyon üretir. Bazı hassas elektronik cihazlar ortamda bulunan belli bir değerden fazla olan elektromanyetik radyasyona maruz kalırsa elektromanyetik girişim oluşur ve bundan dolayı bozulabilir veya düzgün çalışmayabilir. Bazı istasyonları, kablosuz modemler ve kablosuz şarj cihazları da elektromanyetik kirliliğe neden olmakta ve yaydığı dalganın şiddeti belirli değerler altında kalmalıdır. Üretilen her bir elektronik cihaz piyasaya çıkmadan önce elektromanyetik uyumluluk testlerini geçmek zorundadır. Elektromanyetik dalga yayıcılardan yayılan radyasyonun insan sağlığına ve elektronik devrelerin düzgün şekilde çalışmasına zarar vermeyecek seviyede tutulması için çok önemlidir. Bunun için verici anten çıkış gücü azaltılmalı ve/veya cihazların zarar görmemesi için elektromanyetik kalkanlama yapılmalıdır. Literatürde bu konuda birçok çalışma yapılmıştır. Kivikoski tarafından yapılan bir araştırmada Bluetooth (BT) ve Wireless Local Area Network (WLAN) kablosuz haberleşmesi için 75 m² lik bir apartman dairesinde her yerde en az -50 dBm hassasiyet oluşturmak için 5 tane 2.45 GHz yayın yapan veya 2 tane 433 MHz yayın yapan anten gereklidir [1]. BT ile WLAN aynı anda çalışırsa ortamda elektromanyetik girişim oluşmakta ve WLAN cihazı yakınındaki BT sinyalleri bozulmaktadır. BT ve WLAN aynı bilgisayar üzerinde ise maksimum bozulma olmaktadır [2]. Başka bir çalışmada beton alçı ve tahta duvarların farklı frekanslarda elektromanyetik dalgaların zayıflamasını nasıl etkilediği çalışılmıştır. Tahta için duvar alınlığı önemli değil iletkenliği çok küçük olduğu için sadece frekansa göre zayıflaması değişir. Alçı duvarda betona göre daha az bir zayıflama söz konusudur [3]. Bir çalışmada elektromanyetik kalkanlama verimliliğini artırmak için çimento bazlı malzeme içine çelik fiberler yerleştirilmiştir. Bu durumda ferromanyetik olan çelik fiberler malzemenin yansıtıcılığını artırmış ve 70 dB kadar kalkanlama elde edilmiştir [4]. Çelik fiberler ve ferritler çimento bazlı duvar elemanın yüksek frekansta absorblamasını artırmaktadır [5]. Çimento bazlı yapı malzemesi gözenekli oluşturulup içine EPS (expanded polystyrene) doldurulursa elektromanyetik yansıtması çok fazla artmaktadır [6]. Kalkanlama vazifesi yapacak malzemenin kalınlığının artması elektromanyetik dalganın iyice zayıflamasına neden olmaktadır [7]. Gözenekli malzemeler kalkanlama verimliliğini artırmaktadır [8]. Tuğla ve beton gibi yapı malzemelerinde 1-6 GHz arasında 3 dB kalkanlama

verimliliği elde edilmiştir [9]. 1 yıllık beton ile daha eski beton karşılaştırıldığında, daha yeni olan betonun kalkanlama performansının çok daha yüksek olduğu görülmüştür [10]. Çimento bazlı yapı malzemesinin içine atılan metal parçaları kalkanlama verimliliğini artırmaktadır [11]. Bu çalışmada, malzeme olarak, beton, gaz beton, alüminyum katkılı beton, strafor katkılı beton, kömür katkılı beton, karbon katkılı sünger, çelik ve Bayburt taşı kullanıldı. Alıcı verici arasına konulan malzemenin türüne göre zayıflamanın nasıl ve niçin değiştiği tartışıldı.

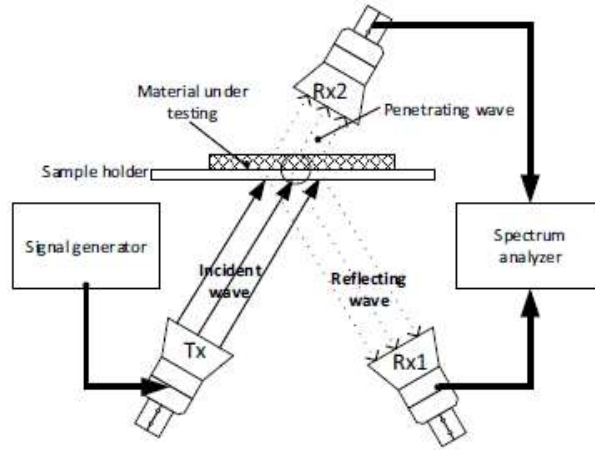
2. Deneysel Düzenek

Ölçümler için Şekil 1’de verilen alıcı ve verici kısımları kullanıldı. Verici kısmında Aaronia marka, 6 GHz’e kadar yüksek frekansta ışınım yapabilen DFG 4060 model bir dalga jeneratörü ve anten kullanıldı. Alıcı kısmında ise Aaronia marka, 9 GHz’e kadar yüksek frekansta ölçüm yapabilen HF 60105 model bir spektrum analizör ve anten kullanıldı.



Şekil 1. Alıcı ve verici

Ölçümler 2 kategoride yapıldı. Birincisi kategoride arada hiçbir engel yok iken ölçümler yapıldı. İkinci kategoride ise araya çeşitli yapı malzemeleri konularak ölçümler yapıldı ve zayıflama kaydedildi. Çalışma frekansı 900 MHz – 6 GHz olarak seçildi. Ekranlama etkinliğini ölçmek için birçok yöntem bulunmaktadır. Bunlardan birisi network analizör ve alıcı ve verici antenlerin kullanıldığı [12]’deki yöntemdir. Bu çalışmada kullanılan düzenek ise, dalga jeneratörü ile spektrum analizör arasında üretilen malzemelerin konulduğu, Şekil 2’de verilen deney düzenegidir [13].



Şekil 2. Deney düzenegi

3. Ölçüm Sonuçları ve Değerlendirme

Ölçümler alıcı verici antenler arasında malzeme olup olmasına göre iki kategoride yapılacaktır. Arada hiç bir malzeme olmasa dahi elektromanyetik dalga zayıflamaktadır. Ölçümlerde engellerin kenarlarından kırınımlar ihmal edilmiş ve sadece malzemenin içinden geçiş yapıldığı varsayılmıştır. Boş uzay için 5.90 GHz frekansta yapılan ölçüm sonuçları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Antenler arası mesafeye göre zayıflama miktarları

	0 mm	9 mm	18 mm	19 mm	27 mm	38 mm	55 mm
5.90GHz	-10,18	-11,68	-12,62	-12,65	-13,13	-14,45	-15,26

Tablo 1’den görülebileceği gibi, antenler arası mesafe artmasıyla 5.90 GHz frekansta elektromanyetik dalga zayıflamaktadır. Antenler arası mesafe 19 mm iken zayıflama -12.65 dB elde edilirken, araya 5x5cm² alana sahip ve 19 mm kalınlıklı karbon emdirilmiş sünger konulduğunda zayıflama -16.8 dB olmaktadır. Antenler arasına 1 cm kalınlıkta, 100 cm² alana sahip malzemeler konulduğunda elde edilen sonuçlar Tablo 2’de paylaşılmıştır.

Tablo 2. Antenler arasında 1cm malzeme durumu

Frekans	boş	Gaz beton	Beton	Strafor	Kömür	Alüminyum	Çelik
5.9 GHz	-15,88	-18,77	-18	-18,34	-18,15	-19	-45,75

Tablo 2’den görülebileceği üzere, antenler arası engel yokken -15.88 dB zayıflama olurken, araya 1 cm kalınlıkla beton konulduğunda zayıflama -18 dB olmaktadır. Dahası beton içine strafor, kömür ve alüminyum plakete atıldığında zayıflama betona göre daha da artmaktadır. Gaz betonda ise boşluklu yapı içermesinden dolayı betona göre daha fazla zayıflama söz konusudur. Çelik ferromanyetik bir malzeme olduğundan -45.75 dB lik bir zayıflama ölçülmüştür. Son olarak antenler arasına Bayburt taşından yapılmış bir kaplama malzemesi konulduğunda Tablo 3’teki sonuçlar elde edilmiştir. Yeşil Bayburt taşı ~%80 alüminosilikat içeren, bunun yanı sıra az oranlarda CaO, Fe₂O₃, MgO gibi bileşenlere sahip bir volkanik tüftür. Üretilen kaplama malzemesi, %20 yeşil Bayburt taşı, %20 mikronize kireçtaşı ve alkali-aktivatör olarak bilinen NaOH ve Na₂SiO₃ ile ortam koşullarında üretilmiştir. Kaplama malzemesinde hacimce %2 polipropilen lif bulunmakta olup eğilme ve darbe etkilerine karşı güçlendirilmiştir. Yaklaşık 15 dk içinde katılaşabilen bu malzemenin 1 günlük basınç dayanımı 56 kg/cm² (5.6 MPa) olarak ölçülmüştür.

Tablo 3. Bayburt taşı ile üretilen kaplama malzemesinin ölçümleri

Frekans	1500	1600	1700	1800	1900	2000	5500	5600	5700	5800	5900	6000
Boş	-24,22	-20,94	-20,25	-17,32	-16,47	-13,61	-18,92	-16,89	-19,03	-19,16	-19,4	-18,7
Bayburt taşı	-32,21	-31,22	-29,57	-23,92	-22,76	-19,52	-20,93	-18,3	-22,27	-21,1	-20,61	-21,27

Tablo 3’ten görüldüğü üzere, düşük frekanslarda Bayburt taşı 8 dB kadar zayıflamaya neden olurken, yüksek frekanslara çıkıldığında zayıflama azalmakta ve 1.5 dB’e kadar düşmektedir.

4. Sonuçlar ve Tartışma

Elektromanyetik kalkanlama (ekranlama) elektronik cihazların düzgün çalışması, elektromanyetik kirliliğin azaltılması ve canlıların sağlığı için çok önemlidir. 900 MHz - 6 GHz arası testler yapıldı ve elektromanyetik dalda boş uzayda hareket ederken mesafeye bağlı olarak zayıflamaktadır. Beton malzemeye, strafor, kömür ve alüminyum parçaları katıldığında zayıflama artmaktadır. Üstelik karbon emdirilmiş sünger boşluklu yapısı ve bu boşluklara karbon dolması hasebiyle zayıflama artmaktadır. Son olarak Bayburt taşı yüksek frekanslarda 1.5 dB, düşük frekanslarda 8 dB kadar zayıflamaya neden olmaktadır.

5. Teşekkür

Bu çalışma kısmen, Bursa Teknik Üniversitesi BAP birimi ve TÜBİTAK tarafından 182N17 ve 217M431 proje numaraları altında desteklenmektedir.

6. Kaynaklar

- [1]. Ali-Rantala, P., Sydanheimo, L., Keskilammi, M. ve Kivikoski, M., “Indoor Propagation Comparison Between 2.45 GHz and 433 Mhz Transmissions,” IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, San Antonio, ABD, s.240-243 Haziran 2002.
- [2]. Karjalainen, O., Rantala, S. ve Kivikoski, M., “The Performance of Bluetooth System in the Presence of WLAN Interference in an Office Environment,” The 8th International Conference on Communication Systems, Singapore, s.628-631 Kasım 2002.
- [3]. Ali-Rantala, P., Ukkonen, L., Sydanheimo, L., Keskilammi, M. ve Kivikoski, M., “Different Kinds of Walls and Their Effect on the Attenuation of Radio waves Indoors,” IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, Columbus, ABD, s.1020-1023, Haziran 2003.
- [4]. Wen, S. ve Chung, D.D.L., “Electromagnetic interference shielding reaching 70 dB in steel fiber cement”, Cement and Concrete Research, cilt.34 no.2, s.329-332, 2004.

- [5]. Guan, H., Liu, S., Duan, Y. ve Cheng, J., “Cement based electromagnetic shielding and absorbing building materials”, *Cement and Concrete Composites*, cilt.28 no.5, s.468-474, 2006.
- [6] Guan, H., Liu, S., Duan, Y. ve Zhao, Y., “Investigation of the electromagnetic characteristics of cement based composites filled with EPS”, *Cement and Concrete Composites*, cilt.29 no.1, s.49-54, 2007.
- [7]. Torabi, E., Ghorbani, A. ve Tajvidi, A., “A Modified Diffraction Coefficient for Imperfect Conducting Wedges and Buildings With Finite Dimensions”, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, cilt.57 no.4, s.1197-1207, 2009
- [8]. Baoyi, L., Yuping, D., Yuefang, Z. ve Shunsua, L., “Electromagnetic wave absorption properties of cement-based composites filled with porous materials”, *Materials & Design*, cilt.32 no.5, s.3017-3020, 2006
- [9]. Bugaj, M., “Attenuation Measurements of Materials Used in Construction of Buildings,” *PIERS Proceedings*, Guangzhou, Çin, s.2671-2675, Ağustos, 2014.
- [10]. Kumar, N.S., Andal, L., Rajeswari, P., Gobinath, A. ve Parthiban, B., “Analysis of EMI shielding effectiveness of building materials”, *Electrical Engineering: An International Journal (EEIJ)*, cilt.1 no.1, s.11-19, 2014.
- [11]. Cakir, M, Kockal, N.U., Ozen, S., Kocakusak, A. ve Helhel, S., “Investigation of electromagnetic shielding and absorbing capabilities of cementitious composites with waste metallic chips”, *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, cilt.51 no.1, s.31-42, 2017.
- [12]. Dai, Y., Mingqing, S., Chenguo, L. ve Zhuoqi, L., “Electromagnetic wave absorbing characteristics of carbon black cement-based composites”, *Cement and Concrete Composites*, cilt.32, s.508-513, 2006.
- [13]. Koppel, T., Shishkin, A., Haldre, H., Toropovs, N., Vilcane, I ve Tint, P., “Reflection and transmission properties of common construction materials at 2.4 GHz frequency,” *Energy Procedia*, cilt.113, s.158-165, 2016.