

# FARKLI FREKANSLARDAKİ ELEKTROMANYETİK DALGALARIN KAS, BEYİN VE KALPDE MEYDANA GETİRDİĞİ SICAKLIK ARTIŞININ ANALİZİ

Songül Barlaz Us<sup>1</sup>, Hafız Z. Alisoy<sup>2</sup>, Zuhâl Altıntaş<sup>3</sup>, Eda Bengi Yılmaz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tıp Fakültesi Radyasyon Onkolojisi AD  
Mersin Üniversitesi  
[barlaz@gmail.com](mailto:barlaz@gmail.com), [bengimd@yahoo.com](mailto:bengimd@yahoo.com)

<sup>2</sup>Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği AD  
Namık Kemal Üniversitesi  
[halisoy@nku.edu.tr](mailto:halisoy@nku.edu.tr)

<sup>3</sup>Tıp Fakültesi Tıbbi Genetik AD  
Mersin Üniversitesi  
[altintaszmer@gmail.com](mailto:altintaszmer@gmail.com)

## Özet

İnsanoğlu gelişen teknoloji ile bilgisayar, kablosuz internet ağları, mikrodalga fırınlar, televizyon gibi gereçlerden salınan farklı frekanslardaki elektromanyetik dalgalara maruz kalmaktadır. Biyolojik dokudan geçen elektromanyetik dalga organ ve dokuda sıcaklığın artmasına neden olmaktadır. Bu çalışmada 13.56 MHz, 27 MHz, 433 MHz, 915 MHz, 2.45 GHz ve 6.8 GHz frekans değerlerine sahip elektromanyetik dalgaların kas, beyin ve kalp için dokuda ilerleme mesafesine bağlı olarak meydana getirdiği sıcaklık artışları Matlab programı kullanılarak incelenmiştir ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Normal doku ve organlarda meydana gelen sıcaklık artışının bulunabilmesi, maruz kalınan radyasyon dozunun moleküler bağlara hasar verip vermediğinin tespit edilmesi açısından oldukça önemlidir.

**Anahtar Kelimeler:** Elektromanyetik dalga, Sıcaklık, Dipol, Frekans

## 1. GİRİŞ

İnsanoğlu gelişen teknoloji ile bilgisayar, kablosuz internet ağları, mikrodalga fırınlar, televizyon gibi gereçlerden salınan farklı frekanslardaki elektromanyetik dalgalara maruz kalmaktadır. Vücut dokusundan geçen elektromanyetik dalganın bir kısmı dokunun elektriksel iletkenliğine bağlı olarak ısıya dönüşmekte ve emilen radyasyon dozu organ ve dokuda sıcaklığın artmasına ve moleküler hasara neden olmaktadır [1].

Doku ve organda elektromanyetik radyasyonun ilerleme mesafesine ( $l$  [m]) bağlı meydana gelen sıcaklık değişimi denklemdeki gibi ifade edilmektedir:

$$T(l) = T(0) + \sigma \left( \frac{EM(l)}{\rho} \cdot \frac{t}{C} \right) \quad (1)$$

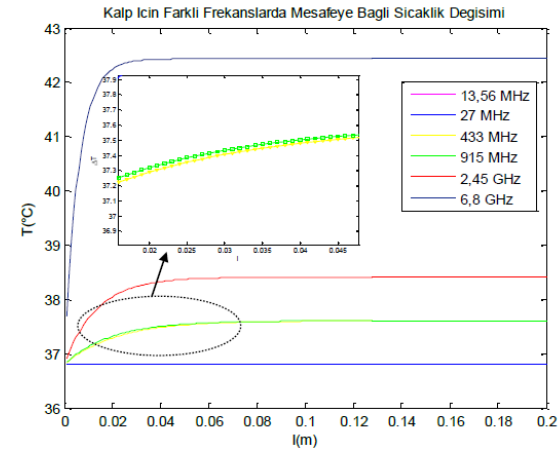
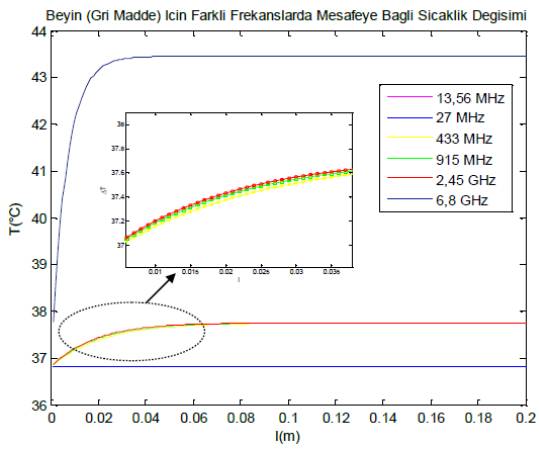
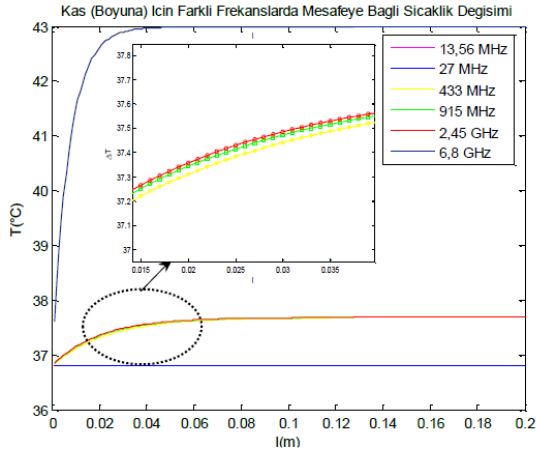
Denklemden  $T(0)$  biyolojik dokunun başlangıçtaki sıcaklığını,  $t$  elektromanyetik dalganın uygulanma süresini,  $C$  [Wsn/kg°C] dokunun özgül ısı kapasitesini ve  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] doku yoğunluğunu ifade etmektedir.  $EM(l)$  [W/m<sup>2</sup>] ise biyolojik doku tarafından emilen radyasyon dozudur [2].

## 2. METOD

Bu çalışmada 13.56 MHz, 27 MHz, 433 MHz, 915 MHz, 2.45 GHz ve 6.8 GHz frekans değerlerine sahip elektromanyetik dalgaların kas, beyin ve kalp için dokuda ilerleme mesafesine bağlı olarak meydana getirdiği sıcaklık artışları incelenmiştir. Matlab programı kullanılarak yapılan simülasyonlarda sinüzoidal kaynağın elektromanyetik ışınımının özgül güç yoğunluğu 1000 W/m<sup>2</sup> uygulama zamanı 60 dk ve biyolojik doku ve organların başlangıçtaki sıcaklık değeri 36.8°C alınmıştır [3].

## 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Kas, beyin ve kalp dokuları için farklı frekanslardaki elektromanyetik dalgaların dokuda ilerleme mesafesine bağlı sıcaklık değişimleri Şekil 1.'de verilmiştir.



Şekil 1. Kas, beyin ve kas için farklı frekanslarda mesafeye bağlı sıcaklık değişimleri

Frekansa bağlı sıcaklık artışları organ ve dokuların dielektrik, iletkenlik ve yoğunluk değerlerine bağlı olarak değişim göstermektedir. Kas, kalp ve beyin için frekansa bağlı olarak sıcaklık artışında değişiklik söz konusudur. Örneğin 6.8 GHz için kasta sıcaklık 43°C'ye kadar yükselmiştir. Düşük frekanslarda sıcaklık artışı düşükken frekans değeri arttıkça

biyolojik doku ve organların dipollerinde meydana gelen artış nedeniyle sıcaklık artışında yükselme meydana gelmiştir. Örneğin kalpte 6.8 GHz'de sıcaklık 42.5°C'ye kadar yükselirken 2.45 GHz'de 38.5°C'ye, 915 MHz ve 433 MHz'de 37.5°C'ye kadar yükselmiştir. Daha düşük frekanslarda ise kalp dokusunda sıcaklık artışı yoktur.

Organ ve dokular homojen ve yansız bir ortam olarak alındığı için sıcaklık belirli bir mesafeye kadar artmış ve daha sonra sabit devam etmiştir. Frekans yükseldikçe sıcaklık daha hızlı artarak sabitlenmiştir. Bunun nedeni yüksek frekanstaki elektromanyetik dalganın doku ve organ ile daha hızlı etkileşime girmesi ve yapıda daha hızlı dipol ve titreşim meydana getirerek sıcaklığı yükseltmesidir. Örneğin kas için 6.8 GHz frekansında sıcaklık 0.043 m'de sabitlenirken 2,45 GHz'de 0.093 m'de, 915 MHz'de 0.097 m ve 433 MHz'de 0.108 m'de sabitlenmiştir. 27 MHz ve 13,56 MHz'de ise sıcaklık artışı olmamıştır.

Normal biyolojik dokularda meydana gelen sıcaklık artışının bulunabilmesi, maruz kalınan radyasyon dozunun moleküler bağlara hasar verip vermediğinin tespit edilmesi açısından oldukça önemlidir.

#### 4. KAYNAKLAR

- [1] Abitbol, A., Lewin, A.A., Houdek, P.V. and Schwade, J.G., "Interstitial microwave hyperthermia applicators having submillimetre diameters", Int. Journal of Hyperthermia, 6:3, 707-714, 1990.
- [2] Ulaby, F.T., Michielssen, E. and Ravaioli, Y., Fundamentals of Applied Electromagnetics, Prentice Hall, 2010.
- [3] Barlaz Us, S., RF-Mikrodalga Frekans Aralığındaki Elektromanyetik Dalgaların Biyolojik Dokular Üzerine Etkisinin FDTD Simülasyonu, Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2013.