



ETOXEC

Environmental Toxicology and Ecology

© Environmental Toxicology and Ecology,
2022, Vol. 2 (1).



Elektromanyetik Radyasyon ve İnsan Sağlığına Etkileri

Kadir ATAKIR*¹, Gülçin ÖZEVCI¹, Büşra CEYHAN¹

Article Info

¹ Istanbul Health and Technology
University, Vocational School of
Health Services

*Corresponding author:

* Istanbul Health and
Technology University,
Vocational School of Health
Services

e-mail:

kadir.atakir@istun.edu.tr

ORCID: 0000-0002-3654-9375

Article history

Received: 27.01.2022

Accepted: 07.03.2022

Available online: 29.04.2022

Keywords:

Electromagnetic radiation,
Nonionizing radiation, Health

Anahtar Kelimeler:

Elektromanyetik radyasyon,
Noniyonizan radyasyon, Sağlık

How to Cite: K. Atakir, G.
Özevci, B. Ceyhan

"Elektromanyetik Radyasyon ve
İnsan Sağlığına etkisi",
*Environmental Toxicology and
Ecology*, c. 2, sayı. 1, ss. 9-21,
2022.

ÖZET

Isaac Newton ile başladığı kabul edilen fizik ve ardından gelen diğer bilim dallarındaki gelişmeler insanlık tarihi ile kıyaslandığında çok yeni bir geçmişe sahiptir. Buna rağmen bugün ulaşılan bilimsel ve teknolojik düzey akıl almaz seviyededir. Neredeyse her geçen gün insan hayatını kolaylaştıran, zaman ve enerji kullanımını açısından inanılmaz avantajlar sağlayan yeni icatlar yapılmakta, teknolojik cihazlar kullanıma girmektedir. Yüksek gerilim hatları ve baz istasyonları ile yakın komşuluk şehir hayatının kaçınılmaz bir sonucu olmuştur. Ayrıca ev ve ofislerde kullanılan elektrikli aletler ve hepsinden önemlisi herkesin yanında taşıdığı ve kullanım sıklığı giderek artan cep telefonları artık insan hayatının çok önemli birer parçası haline gelmiştir. Hemen hepsi elektrik enerjisi ile çalışan bu cihazların en önemli dezavantajlarından birisi elektromanyetik alan oluşturmalarıdır. Tıpta tanı ve tedavide kullanılan iyonizan radyasyonun yan etkileri çok iyi bilinirken, noniyonizan bir radyasyon türü olan elektromanyetik dalgaların olası yan etkileri ile ilgili yapılmış çok sayıda çalışma olmasına rağmen halen bir sürü cevaplanmamış soru bulunmaktadır. Bu çalışmada elektromanyetik radyasyon ve insan sağlığına olan olumsuz etkileri konusunda yapılmış çalışmalar derlenmiştir.

Electromagnetic Radiation and its Effects on Human Health

ABSTRACT

Physics, which is considered to have started with Isaac Newton, and the developments in other branches of science that followed have a very short history when compared to humanity's. Still, the scientific and technological advancements reached today is at an unbelievable level. Almost every day, new inventions and technological devices are made that make human life easier and provide incredible advantages in time and energy use. Close neighborhood with high voltage lines and base stations has been an inevitable result of city life. Furthermore, electrical appliances used in homes and offices, and most importantly, mobile phones, which everyone carries with them and whose frequency of use is increasing, have become an important part of human life. One of the most important disadvantages of these devices, which all work with electrical energy, is that they create electromagnetic fields. While the side effects of diagnostic and therapeutic ionizing radiation used in medicine are well known, there are still unanswered questions despite the many studies on the possible side effects of electromagnetic waves, which is a type of non-ionizing radiation. In this paper, studies on electromagnetic radiation and its negative effects on human health have been compiled.



1. GİRİŞ

Radyasyon, en basit tanımı ile bir kaynaktan dalga ya da parçacık halinde salınan enerjidir [1].

Karşılaştığı atomu etkileyerek çekirdek ya da yörüngeleri ile tepkimeye giren yüksek enerjili radyasyona iyonizan radyasyon adı verilir. İyonizan radyasyon parçacık ya da elektromanyetik dalga formunda olabilir. Alfa, beta ve nötron radyasyonları parçacık tipinde iyonizan radyasyon türüne örnektir. Radyasyonun bu tipinde belirgin bir kütle ve enerjiye sahip, hızla hareket eden parçacıklar söz konusudur. λ (Gama) ve X ışınları ise elektromanyetik dalga formuna sahip, kütsüz radyasyon çeşitleridir.

Karşılaştığı atomda çekirdek ya da elektron yörüngelerinde değişikliğe neden olamayacak kadar düşük enerji seviyesine sahip radyasyon çeşidine ise noniyonizan radyasyon adı verilir ve bu tip radyasyon elektromanyetik dalga formundadır. Radyo dalgaları, kızıl ötesi dalgalar, mor ötesi ışık ve mikrodalgalar bu radyasyon tipinin en bilinen örnekleridir [2,3].

İyonizan radyasyon, atom düzeyinde oluşturduğu etki ile biyolojik sistemlerde son derece zararlı etkilere sahiptir. Radyasyonun zararına ilk maruz kalan kişi radyoaktivitenin keşfinde rol oynayan bilim insanları olup ilk yan etkilerden biri, Madam Curie tarafından saflaştırılmış radyumu cebinde taşıyan Henri Becquerel'in derisinde oluşan radyasyon yanığıydı [4]. Bu tarihten itibaren iyonizan radyasyonun kanser yapıcı etkisi başta olmak üzere zararları günümüze kadar birçok çalışma ile ortaya konmuştur.

İnsanoğlu 40 μ T (mikro Tesla) değerinde bir elektromanyetik alan yayan, Dünya denen dev bir mıknatısta yaşam sürmektedir [5]. Dünya çekirdeği iki kısımdan oluşmakta olup iç çekirdek katı, dış çekirdek ise sıvı haldedir. İç çekirdeğin etrafında hareket eden dış çekirdeğin bu hareketi mıknatıslanma etkisi yaparak manyetik alan oluşturur [6]. Bunun dışında kozmik ışınlar, radon gazı, gama radyasyonu ve radyoizotoplar diğer doğal radyasyon kaynaklarıdır [7]. Özellikle toprakta ve kayalarda bulunan radon gazı, ikamet ettiğimiz ve yaşamımızın büyük kısmını geçirdiğimiz evlerimizin temellerindeki çatlaklardan içeri girerek insanla temas etmekte ve zarar vermektedir [8]. Akciğer kanserine neden olan maddeler arasında sigaradan sonra ikinci büyük neden olarak Radon gazı gösterilmektedir [9].

Doğal radyasyon kaynakları dışında insanoğlunun kendi eli ile ürettiği ve yapay radyasyon olarak adlandırılan radyasyon kaynakları da mevcuttur. En büyük yapay radyasyon kaynakları tıbbi radyasyon ve nükleer radyasyondur [10]. Radyoloji, nükleer tıp ve radyoterapi alanında yaşanan gelişmeler radyasyonun insan sağlığı açısından tanı ve tedavide daha geniş bir alanda kullanılabilmesine imkân sağlamaktadır. Bunların dışında elektrikle çalışan cihazların ürettiği elektromanyetik radyasyon gün geçtikçe artan oranda insan hayatına girmektedir [11]. Son yıllarda, elektromanyetik alanların neden olduğu sağlık riskleri açısından her geçen gün artan sıklıkta bilimsel kanıtlar bulunmaktadır [12]. Bu derlemenin amacı, elektromanyetik dalga formunu tanımak, teknolojik gelişmelerle paralel bir şekilde artan elektromanyetik kirlenmenin sağlık üzerine olan olası etkilerini incelemek ve alınabilecek önlemler hakkında bilgi sahibi olmaktır.

Elektromanyetik Radyasyon

Elektromanyetik radyasyonun keşfi, 1873 yılında James Clerk Maxwell tarafından elektromanyetizma teorisinin tanımı ve matematiksel olarak formüle edilmesi ile gerçekleşmiştir. Maxwell'in bulguları bugün halen elektromanyetik teorisinin temelini oluşturmaktadır [13].



Elektromanyetik radyasyon, elektrik ve manyetik alanlardan oluşur [14]. Elektrik ve manyetik alanlar aralarında 90 derecelik bir açı bulunan, birbirine dik düzlemlerde, sinüs dalgası şeklinde hareket ederler. Işık hızında ilerleyen bu dalga hareketi ve düzlemsel değişim esnasında elektrik alan maksimum değere ulaştığında, manyetik alan minimum, elektrik alan minimum değere ulaştığında manyetik alan maksimum değerdedir [15].

Elektrik alanını oluşturan elektrik yükünün varlığıdır ve bu alanın ölçü birimi Volt/metre'dir. Elektrikle çalışan bir cihaz, örneğin saç kurutma makinesi açık olmasa bile fişi takılı ise bir elektrik alan meydana getirir. Kaynaktan uzaklaştıkça elektrik alan şiddeti azalır. Ayrıca yalıtkan nitelikli maddeler elektrik alanı engeller [16].

Elektrik yükleri yer değiştirdiğinde, yani elektrikli cihaz çalışıp bir elektrik akımı oluştuğunda manyetik alan meydana gelir. Manyetik akı yoğunluğu ölçü birimi Tesla (T), manyetik alan ölçü birimi Gauss (G)'tur (1 Tesla=10.000 Gauss). Elektrik akımı ne kadar yüksekse manyetik alan da o kadar büyük olur. Elektrik alandan farklı olarak manyetik alan, yalıtkan olsun ya da olmasın maddeler tarafından engellenemez [16].

Elektromanyetik alan, elektrik ve manyetik alanların birleşiminden oluşur. Elektromanyetik dalgalara ait tanımlayıcı özellikler dalgaların frekans ve dalga uzunluklarıdır. Frekans, 1 saniyedeki dalga sayısıdır ve Hertz (Hz) ile ölçülür. $1 \text{ Hz} = 1 \text{ Sn}^{-1}$ 'dir. Yani 1 saniyede gerçekleşen 1 elektromanyetik dalganın frekansı 1 Hz'dir. Dalga uzunluğu (boyu) ise bir dalga ritminin tekrarlayan birimleri arasındaki mesafedir. λ ile gösterilmekte olup birimi uzunluk ölçü birimidir. Dalga boyu küçüldükçe frekans ve enerji artar. Yani düşük frekanslı elektromanyetik dalgalar yüksek dalga boyuna ve düşük enerjiye sahiptir (mikrodalgalar ve radyo dalgaları gibi). Yüksek frekanslı dalgalar ise düşük dalga boyuna ancak yüksek enerjiye sahiptir. Bunlar yüksek enerjili gama ve x-ışınları gibi iyonizan elektromanyetik dalgalardır [16].

Biyomanyetolojiye göre tüm maddelerin doğal bir manyetik alanı vardır [15]. Her madde ve her canlı gibi insan vücudu da, hücrelerinde ve organ sistemlerinde bulunan elektrik devreleri ile kendine has bir elektromanyetik alanlar sistemine sahiptir. Bu manyetik alanların sinyalleri hem kendi aralarında hem de Dünya manyetik alanı ile uyum içerisindedir. Ancak yapay olarak üretilen elektromanyetik alanlar biyolojik elektromanyetik dengeyi bozma riskine sahiptir [6,15,16,17].

Gündelik hayatımızda maruz kaldığımız elektromanyetik radyasyon genel hatlarıyla iki ayrı frekans bandında toplanabilir. Bunlardan birincisi çok düşük frekanslı elektromanyetik alan olarak tanımlanan elektrikle çalışan cihazlardan ve yüksek gerilim hatları-trafolardan yayılan aşırı düşük frekans(ADF) bandıdır. Genel olarak 2 kHz (kilohertz) frekans altındaki alanlar tarafından ADF bandı oluşturulur. Ev içindeki elektrik tesisatının oluşturduğu ADF frekansındaki manyetik alan gücü yaklaşık $0.05 \mu\text{T}$ olarak ölçülürken yüksek gerilim hatlarının geçtiği bölgelerde yine ev içinde yapılan manyetik alan ölçümleri 100 kat artabilmektedir. Diğer frekans bandı ise cep telefonları, baz istasyonları ve radyo-tv vericilerinden kaynaklanan radyo frekans-mikro dalga(RFMD) bandıdır. Bu dalgalar 100 kHz-300 GHz arasındaki frekans bandındadır [18].

Elektromanyetik radyasyonun canlı organizmada etki mekanizmaları

Elektromanyetik radyasyonun absorbe edildiği madde-doku üzerinde iki yolla etki gösterdiği ortaya konmuştur. Bunlardan biri termal etki, diğeri de nontermal etki olarak adlandırılan ve muhtemelen kimyasal değişikliklere bağlı olan etkidir [19]. Düşük frekanslı (ADF) dalgaların genellikle uzun süre maruziyette ve nontermal etki mekanizması ile etkinlik gösterdiği, yüksek



frekanslı dalgaların ise daha çok termal etkiyle biyolojik açıdan zararlı olabileceği saptanmıştır [20].

Kişisel olarak en fazla ilişkimiz olan elektromanyetik radyasyon kaynağı cep telefonlarıdır. Cep telefonunun mucidi ABD'li John Francis Mitchell ve Martin Cooper olarak bilinir (1973). Türkiye cep telefonu ile ilk kez 1993 yılında tanışmış olup 2G teknolojisi ülkemizde 1994 yılından itibaren kullanılmaya başlanmıştır (1991-1993 yılları arasında 1G teknolojiye sahip araç telefonları kullanılmıştır). İlk cep telefonu görüşmesi ise 23 Şubat 1994 yılında dönemin Cumhurbaşkanı Süleyman Demirel ile dönemin Başbakanı Tansu Çiller arasında yapılmıştır. O günden zamanımıza cep telefonu kullanımını hızla artmıştır.

1 Megahertz (MHz) saniyede bir milyon periyoda denk gelmekte olup analog telefonlar 800-900 MHz, dijital telefonlar 1850-1990 MHz frekanslarla çalışmaktadır [21]. 0-3000 MHz arası frekanslar çok düşük frekanslı elektromanyetik dalgaları oluşturmaktadır [22]. Evlerdeki elektrik tesisat ve güç iletim hatlarından yayılan alanlar 50 Hz civarında olup çok düşük frekanslı elektromanyetik alan sınıfına girmektedir. Yapılan araştırmalar neticesinde çok düşük frekanslı elektromanyetik alanlar ve sağlık üzerindeki etkileri ortaya konmuş, bunun sonucunda Uluslararası Kanser Araştırma Merkezi (IARC) tarafından çok düşük frekanslı manyetik alan hayvan deneylerinde olası kanserojen olarak (2B) sınıflandırılmıştır [23].

Elektromanyetik dalga canlı bir doku ile karşılaştığında doku tarafından emilir. Dokunun bu enerjiyi emme-soğurma hızı "Spesifik Absorbsiyon Hızı" ((Specific Absorption Rate, SAR) olarak tanımlanır. Birimi, doku başına emilen güç miktarı olup ve SI birim sisteminde W/kg (Watt/kilogram) şeklinde ifade edilir [24,25].

Elektromanyetik alana ait termal etkilerin 400 MHz – 3 GHz aralıkta gerçekleştiği ve artan moleküler hareket ve sürtünmeden dolayı oluştuğu iddia edilmiştir. 4 W/kg değerinde bir SAR değerinin 15-20 dakikada insan vücut sıcaklığını 0.2-1 °C artırdığı gösterilmiştir [26,27,28]. Bazı araştırmacılar ise "Nontermal Etki" olarak adlandırılan etkilerin artan sıcaklığa karşı hücrel bir tepki olarak yorumlanabileceğini ileri sürmüşlerdir. Hücrelerde mevcut birkaç termoreseptör molekülü olduğu ve ısıya maruz kalma durumunda metabolik hücre stresine karşı hücreyi savunmak için aktive olarak bazı mekanizmalarla gen ekspresyonunu ve ısı şoku proteinlerini aktive ettikleri düşünülmüştür [29].

Uluslararası Noniyonize Radyasyondan Korunma Komitesi (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP) radyasyonun olası zararlarını minimuma indirmek için bazı limit değerler belirlemiştir. Mesleği gereği elektromanyetik radyasyona maruz kalanlarda 0.4 W/kg, normal halkta 0.08 W/kg değerleri limit olarak belirlenmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (The World Health Organization, WHO) cep telefonları için üst limit olarak 0.1 W/kg değerini belirlemiş olup bu değer üzerinde cep telefonunun kullanımından uzak durulmalıdır [30].

Şehirleşmenin, getirdiği avantajların yanında yüksek gerilim telleri, radyo-tv istasyonları ve baz istasyonları gibi elektromanyetik radyasyon kaynaklarına maruziyet açısından dezavantajları da vardır. Yine cep telefonları ve elektrikli aletler bireysel bazda risk oluşturan elektromanyetik alan kaynaklarıdır. Gelişen teknolojiyle birlikte artan elektromanyetik radyasyon maruziyeti nedeniyle elektromanyetik radyasyon alanlarının olası zararlı etkilerini ortaya koymak açısından her geçen gün artan sayıda bilimsel çalışma yapılmakta ve yayımlanmaktadır.



Elektromanyetik Radyasyonun İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

Balıkçı ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada [31] elektromanyetik alana yeterince maruz bırakılan farelerde noradrenalin ve dopamin seviyelerinde artış bulmuşlardır. Yine Koyu ve arkadaşlarının yaptığı benzer bir çalışmada [32] cep telefonlarının yaydığı 900 MHz elektromanyetik alana maruz bırakılan farelerde kortizon seviyesi belirgin miktarda yüksek bulunmuştur. Aynı çalışmada elektromanyetik alan maruziyetinin testosteron seviyesini düşürdüğü de gösterilmiştir. Bu çalışma sonucunda elektromanyetik alanın adrenal korteksi ve testisleri etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Her iki çalışmada da elektromanyetik alanın oluşturduğu termal etkinin primer etyolojik neden olabileceği düşünülmekle beraber elektromanyetik alanın tam olarak tanımlanamayan, stres faktörü olarak yorumlanabilecek nontermal diğer etkileri de etyolojide düşünülmüştür. Neticede elektromanyetik alanların neden olduğu hormonal değişikliklerle motor koordinasyon, duygu durum, öğrenme, hafıza, davranış gibi bazı beyin fonksiyonlarını olumsuz etkileyebileceği düşünülmüştür.

Elektromanyetik alan maruziyetinin sebep olduğu ısı artışının hipotalamik seviyede etkili nonspesifik bir stres faktörüne bağlı olduğu öne sürülmüş, kortizon veya kortikosteron seviyeleri ile ilişkisi ortaya çıkarılmıştır. Vücut sıcaklığındaki artış muhtemel iç düzenleyici mekanizmaları harekete geçirerek bu değişikliklere neden olmaktadır. Bu nedenlerle özellikle cep telefonu gibi kaynaklarda standartlar belirlenirken termal etki göz önünde bulundurulmaktadır [33,34,35].

Mercantepe ve arkadaşları yaptıkları çalışmayla [36] gebelik döneminde maruz kalınan mobil iletişim cihazlarında kullanılan 900MHz frekanslı elektromanyetik alanın, başta nöronlar ve oligodendrositlerde apoptozise neden olarak omurilik üzerinde hasara yol açtığını ortaya koymuşlardır. Manyetik alanların organizma üzerindeki biyolojik etkilerinin araştırıldığı çalışmalarda radyofrekans (RF) dalgalarına maruz bırakılan ratlarda beyin hücrelerinde DNA kırıkları görülmüştür [37]. HL-60 ve HL60R gibi laboratuvarında üretilen hücre soyları üzerinde yapılan çalışmalarda elektromanyetik alanın DNA tamir oranında azalmaya neden olduğu ortaya konmuştur [38]. Hücre proliferasyonu, hücre siklusu ve protein sentezi gibi birçok hayati hücre fonksiyonunun elektromanyetik alan etkisinde bozulabileceği gösterilmiştir [39,40].

900 MHz frekanslı elektromanyetik alanların sıçanların hipokampusunda dopamin seviyelerini azalttığı ve aynı frekansa sahip cep telefonlarının insanlarda öğrenme ve davranış fonksiyonlarını etkilediği gösterilmiştir [40,41]. Balıkçı ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada [31] elektromanyetik alanın merkezi sinir sisteminde noradrenalin ve dopamin seviyelerini değiştirerek etkili olabileceği gösterilmiştir. Salford ve arkadaşlarının çalışması [42] sonucunda cep telefonu kullananlarda elektromanyetik alan etkisine bağlı motor koordinasyon, duygu durum ve öğrenme gibi beyin fonksiyonlarının etkilenebileceği gösterilmiştir. Yine Salford ve arkadaşlarının yaptıkları araştırmalarda [42,43] mikrodalga radyasyonun sıçan beyni üzerindeki etkileri incelenmiş ve kan-beyin bariyerinde albümin kaçağına dair bulgular tespit edilmiştir.

Elektromanyetik alan ve çocukluk çağı lösemisi arasındaki ilişkiyi araştıran bir araştırmada [44] 0,4 μ T ve üzerindeki bir seviyede elektromanyetik alan maruziyetinde lösemi riskinin 2 kat arttığı gösterilmiştir. Başka bir çalışmada [45] 0,4 μ T'den büyük değerlerde elektromanyetik alana gece maruziyetinde 4 yaş altı çocuklarda lösemi riskinin 14.9 kat arttığı iddia edilmiştir. Yine lösemi odağında ancak farklı bir bakış açısı ile yapılmış bir çalışmada [46] lösemi tanısı olan çocuklar incelenmiş ve 0,3 μ T ve üzerinde bir değerde gerçekleşen elektromanyetik alan maruziyetinde sağ kalımda azalma tespit edilmiştir. Güney Kore'de bir çalışmada [47], AM



(Amplitude Modulation) radyo yansıtıcılarına 2 km ve daha yakında yaşayan 0-14 yaş grubu çocuklarda lösemi açısından artmış anlamlı risk gösterilmiştir.

Winker ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada [48] hücre kültürlerine uygulanan çok düşük frekanslı elektromanyetik alanın kromozom yapısında bozulmalara neden olabileceği gösterilmiştir. Yine benzer hücre kültürlerinde çalışan Wolf ve arkadaşları [49] 24-72 saatlik 0,5-1 μ T elektromanyetik alan uygulamasının hücre proliferasyon aşamasında ve DNA'da hasar oluşturduğunu göstermişlerdir. Bu tespit, erken gebelik döneminde özellikle kromozomal anomali riski açısından elektromanyetik radyasyon kaynaklarına karşı dikkatli olunması gerektiğini göstermektedir.

Normal popülasyonla karşılaştırıldığında elektrik alan maruziyetinin daha fazla sağlık sorununa neden olduğu kişilerde, elektromanyetik alana karşı bir aşırı duyarlılıktan-hipersensitiviteden söz edilebilir. Bu aşırı duyarlılık özel bir durum olup sıklığının %5 olduğu iddia edilmiştir. En sık karşılaşılan şikayetler ciltte kızarıklık ve yanma gibi dermatolojik bulgular ve yorgunluk, konsantrasyon güçlüğü, baş dönmesi, bulantı, çarpıntı, sindirim sistemi sorunları gibi vejetatif semptomlardır [50].

2008 yılında düşük frekanslı elektromanyetik dalgaların dişi Spague-Dawley fareleri cinsiyet hormonları üzerindeki etkileri incelenmiş olup, gonadotropin düzeylerinde ve over volümlerinde azalma tespit edilmiştir. Bu etkilerin geri dönüşümlü olduğu gösterilmiştir [51]. Agarwal ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada [52] cep telefonu kullanım süresi arttıkça, sperm kalitesinin azaldığını belirtmiştir. Yine benzer bir çalışmada [53] elektromanyetik alan maruziyetinde fare spermelerinde anormal kromatin yapısında artış saptanmıştır. Türkiye'de Atatürk Üniversitesi'nde yapılan bir çalışmada [54]; 60 gün boyunca, günde 20 dk arama (23 saat 40 dakika bekleme) durumunda cep telefonu kaynaklı 900 MHz elektromanyetik alana maruz kalan (217 Hz, 2W maksimum pik güç, SAR 0.95 W/kg) domuzlarda sperm sayısında anlamlı düzeyde azalma olduğu ortaya konmuştur.

1997-2004 yılları arasında Amerika, İsveç, Danimarka, Finlandiya, İngiltere, Almanya ve Japonya'da yapılmış olan çalışmaların incelemesinde [55] 10 yıllık cep telefonu kullanımı ile ipsilateral gliom ve akustik nörinom riskinin arttığı gösterilmiştir. Yine İsveç'te yapılan bir başka çalışmada [56] en az 10 yıllık cep telefonu kullanımının akustik nörinom riskini arttırdığı belirtilmiştir. İsviçre'de yapılan bir çalışmada [57], elektromanyetik alana maruz kalan demiryolu işçilerinde beyin tümörü görülme oranının 5.1 kat arttığı gösterilmiştir. Yine Kanada'da yapılan bir çalışmada [58] elektromanyetik alana maruz kalan çalışanlarda glioblastome multiforme görülme oranı 5.3 kat artmış olarak bulunmuştur.

Elektromanyetik alan maruziyeti sonucunda hücresel düzeyde serbest oksijen radikallerinin arttığı ve bu yolla elektromanyetik alanın oksidatif strese neden olduğu gösterilmiştir [59]. Oksidatif stres hücre membranlarında bozulmaya ve ilerleyici hücre hasarı, en sonunda hücre ölümüne yol açabilir [60]. Ayrıca oksijen radikalleri doğrudan DNA hasarına neden olabilir [61]. Yapılan çalışmalarda elektromanyetik alana maruz bırakılan sıçanlarda germ hücrelerinde ve hepatositlerde apoptotik hücre ölümleri görülmüştür [62,63].

Hamileliği sürecinde elektromanyetik alana maruz kalan annelerin bebeklerinde uyku düzensizlikleri izlenmiştir [64]. 2012 yılında, düşük yapan kadınların incelendiği bir çalışmada [65] 14 haftadan önce düşük yapanlarda, 14 haftadan sonra düşük yapanlara kıyasla evlerindeki elektromanyetik alanlar-EMF bantlarında büyük farklılıklar saptanmıştır. Başka bir çalışmada [66]; daha yüksek elektromanyetik alana maruz kalan gebelerde düşük elektromanyetik alan maruziyeti ile kıyaslandığında düşük riski 2.72 kat daha yüksek çıkmıştır.



Mortazavi ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada [67] telsiz telefon kullanımı ile konsantrasyon bozukluğu arasında anlamlı bir ilişki bulunmuş, yine Mortazavi ekibine ait diğer bir çalışmada [68] ilk ve ortaokul öğrencilerinde cep telefonu kullanımının baş ağrısı, vertigo ve uyku sorunlarına neden olduğu gösterilmiştir. Kucer ve arkadaşları [69], günlük kullanım miktarlarına göre cep telefonu ve bilgisayar kullanıcılarında daha sık oranda baş ağrısı, eklem-kemik ağrısı, işitme kaybı, vertigo ve anksiyete şikayetlerinin görüldüğünü ortaya koymuştur. Ayrıca aynı çalışmada semptomların kadınlarda erkeklere göre daha fazla olduğu söylenmiştir.

2. SONUÇ

İnsan vücudu, hücreler ve organ sistemleri arasında iletişimde elektrik kullanan, elektrik yüklü bir sistemdir. Bir ortamda elektrik akımı var ise o ortamın kendine has elektrik ve manyetik alanları vardır. İçinde yaşadığımız ortamda bulunan gerek doğal gerekse yapay elektromanyetik alanlar biyolojik sistemimizde bulunan elektromanyetik alanlarla etkileşime girerek normal insan fizyolojisini bozma riskine sahiptir. Özellikle bebekler ve çocuklarda sinir-üreme sistemine ait hücrelerde elektromanyetik alan duyarlılığı daha fazladır.

Teknolojik gelişmelerin getirdiği elektromanyetik kirlilik ve artan elektromanyetik alan maruziyeti, beraberinde getirdiği sağlık riskleri sebebiyle son dönemde dikkat çeken bir konudur. Özellikle çocuk yaş grubunun elektromanyetik alanla ilişkisi kontrol edilmeli ve yine özellikle gece elektromanyetik alan maruziyetinden kaçınılmalıdır.

Elektromanyetik alan ve zararlı etkilerinden korunmak için toplumsal ve bireysel bazda uygulanabilecek bazı önlemler insan sağlığını korumak açısından yararlı olacaktır.

Toplumsal-Kurumsal olarak yapılabilirler;

1. Elektromanyetik alan hakkında bilgilendirme, ölçüm ve değerlendirme konularında hizmet verecek üniversiteler ya da kamu kuruluşlarına ait bağımsız birimler oluşturulmalıdır.
2. Yerleşim yerlerinde, yüksek gerilim hatları, baz istasyonları ve bina içlerinde bulunan elektrik hattı kaynaklı elektromanyetik alanlar ölçülerek gerekli bilgilendirme yapıp önlemler alınmalıdır.
3. Yeni yerleşim alanları oluştururken elektromanyetik alan oluşumu ve insan maruziyeti açısından en uygun önlemler alınarak gerekli mühendislik ve mimarlık eğitim-çalışmaları yapılmalıdır.
4. Yerleşim alanı olmasa dahi çocukların bulunma ihtimali olan park alanları ve yakınlarından yüksek gerilim hattı geçmemelidir.
5. Elektromanyetik alan etkileri konusunda bilimsel çalışmalara ve kamu spotlarına gereken önem verilmelidir.
6. Baz istasyonları, okul, hastane ve toplu yaşam merkezlerinde sık ölçümler yapılmalıdır.
7. Tüm haberleşme cihazlarının üzerine SAR değerleri yazılmalıdır.

Bireysel olarak yapılabilirler;

1. Özellikle geceleri elektromanyetik alana olan maruziyeti azaltmak için mümkünse yatak odasında elektrikle çalışan tüm cihazlar uyku öncesinde kapatılmalı, bu mümkün değilse lamba dahil en az 2 metre uzak mesafede bulunmalıdır. Elektromanyetik dalgaların uyku düzenini bozmasına izin verilmemelidir.
2. Cep telefonu alırken SAR değeri düşük olanlar tercih edilmelidir.



3. Telefonla 10 dakikadan fazla görüşme yapılmamalı, konuşurken telefon vücuttan uzakta tutulmalıdır. 0.9 metre uzak tutulan bir telefondan yayılan elektromanyetik dalga 50 kat daha düşüktür [70].
4. Tüm cep telefonu görüşmelerinde kulaklık kullanılmalıdır. Mümkünse tek kulaklık tercih edilmelidir.
5. Cep telefonlarını taşıırken kalp hizasında taşımamaya dikkat edilmelidir.
6. Gereksiz hiçbir elektrikli aletin çalışmasına izin verilmemeli veya elektrikle bağlantısı kesilmelidir.
7. Elektrikli masaj yatakları veya elektrikli battaniyeler çalışır durumda uzun süre kullanılmamalıdır.
8. Çocuk beynine elektromanyetik dalgaların girişi daha kolaydır. Bu dalganın etkileri çocuklarda çok daha etkin hissedilir. Cep telefonları çocukların bulunduğu odanın dışında tutulmalıdır.

Başta cep telefonu ve evde kullanılan elektrikli aletler olmak üzere elektromanyetik radyasyon kaynaklarının insan hayatından çıkarılması pek mümkün görünmemekle beraber, özellikle çocuk yaş grubundakiler başta olmak üzere maruziyeti azaltan önlemler ile risklerde azalma sağlanabilir.

Finansman:

Yazarlar bu çalışmanın araştırılması, yazarlığı veya yayınlanması için herhangi bir maddi destek almamıştır.

Çıkar Çatışması/Ortak Çıkar Beyanı:

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması veya ortak çıkar beyan edilmemiştir.

Yazarların Katkısı:

İlk yazar %60, ikinci yazar 20%, üçüncü yazar %20 katkıda bulunmuştur.

Etik Kurul Onayı:

Bu çalışma etik kurul izni veya herhangi bir özel izin gerektirmez.

Araştırma ve Yayın Etiği Bildirgesi:

Yazarlar, makalenin tüm süreçlerinde Environmental Toxicology and Ecology Dergisinin bilimsel, etik ve alıntı kurallarına uyduklarını ve toplanan veriler üzerinde herhangi bir tahrifat yapmadıklarını beyan ederler. Ayrıca karşılaşılabilecek etik ihlallerden Environmental Toxicology and Ecology ve yayın kurulunun hiçbir sorumluluğu olmadığını ve bu çalışmanın Environmental Toxicology and Ecology dışında herhangi bir akademik yayın ortamında değerlendirilmediğini beyan ederler.



KAYNAKLAR

- [1] D. Bor, “Radyasyon nedir? (Halkımız için bilgilendirme kılavuzu),” Ankara üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fizik Mühendisliği Bölümü, pp. 3, 2015, access address: <http://www.radkorder.org/wp-content/uploads/2016/09/RADYASYON-NED%C4%B0R.pdf>
- [2] Y.E. Togay, “Radyasyon ve Biz,” Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Yayınları, pp. 2-12, 2002.
- [3] M.Z. İnce, “Tanısal Radyolojide Radyasyondan Korunma,” Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Yayınları, pp. 2-32, 2002.
- [4] M. Sekiya ve M. Yamasaki, “Antoine Henri Becquerel (1852–1908): A scientist who endeavored to discover natural radioactivity.” Radiol Phys Technol, vol. 8, pp.1–3, 2015.
- [5] O. Çerezci, Z. Kartal, K. Pala ve A. Türkkan, “Elektromanyetik Alan ve Sağlık Etkileri,” A. Türkkan, Ed., Bursa: F. Özsan Matbaacılık, 2012.
- [6] H.H. Sabuncu, “Elektromanyetik Radyasyonlarla veya Elektromanyetik Alanlarda Çalışanların Sağlık Riskleri”, Türk Tabipleri Birliği Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi, Nurol Matbaacılık, Ankara, 2000.
- [7] F.D. Gökharman, S. Aydın ve P.N. Koşar, “Radyasyon güvenliğinde mesleki olarak bilmemiz gerekenler,” SDÜ Sağlık Bilimleri Derg., vol. 7, no. 2, pp. 35–40, 2016
- [8] T. Hacıosmanoğlu, “Doğal ve yapay radyasyon kaynakları, kişisel doza katkıları,” Nucl Med Semin., vol. 3, pp. 166–71, 2017.
- [9] H. Halilçolar, D. Tatar, G. Ertuğrul, A. Çakan, M.G. Acıtaş ve B. Kömürçüoğlu, “Epidemiyoloji,” In: T. Çavdar, N. Ekim, A. Akkoçlu, C. Öztürk, Eds., “Akciğer kanseri multidisipliner yaklaşım,” 1.Baskı. Ankara: Bilimsel Tıp Yayınevi, pp. 17-22, 1999.
- [10] Ö. Coşkun, “İyonize Radyasyonun Biyolojik Etkileri,” Int J Tech Sci., vol. 1, no. 2, pp. 13–7, 2011.
- [11] B.F. Wall, “Ionising radiation exposure of the population of the United States: NCRP report no. 160,” Radiat Prot Dosim., vol 136, pp. 136–138, 2009.
- [12] L. Hardell ve C.Sage, “Biological effects from electromagnetic field exposure and public exposure standards,” Biomed Pharmacother, vol. 62, pp. 104-109, 2008.
- [13] Mevzuat İşleri Daire Başkanlığı, Elektromanyetik alanlara ilişkin genel bilgiler serisi, 2020, Access address: <https://www.csgb.gov.tr/media/61322/elektromanyetik-alanlara-iliskin-genel-bilgiler-seri-1.pdf>
- [14] Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK), 2011, “Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelik,” Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü, Resmî Gazete, Vol. 27912, 21 April 2011.
- [15] E. Önal, “Elektromanyetik Alanların Canlı Organizmalara Etkilerinin İncelenmesi,” İnönü Üniversitesi Elektrik–Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Malatya, 2005.
- [16] TMMOB Elektronik mühendisleri odası, “Elektromanyetik alanın etkileri,” access address: https://kitap.emo.org.tr/genel/kitap_goster.php?kodu=105
- [17] Okul Sağlığı Güvenliği Kurulu, “Elektromanyetik Kirlilik Nedir? Kirliliği Oluşturan Elektromanyetik Alanları Neler Yaratır?,” 2006.



- [18] O. Çerezci ve Ş.Ç. Yener, "Çevremizdeki Elektromanyetik Kirlilik ve Sağlığımıza Etkileri," ISEM2016, 3rd International Symposium on Environment and Morality, Alanya, Türkiye, 4-6 November 2016
- [19] K.J. Rothman, "Epidemiological evidence on health risks of cellular telephones," *Lancet*, vol. 356, pp. 25, 2000.
- [20] Ş. Özen, "Mikrodalga frekanslı EM radyasyona maruz kalan biyolojik dokularda oluşan ısıl etkinin teorik ve deneysel incelenmesi," Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Y Müh., Adapazarı, Türkiye, 2003.
- [21] M.K. Irmak, E. Fadillioglu, M. Guleç, H. Erdogan, M. Yagmurca ve O. Akyol, "Effects of electromagnetic radiation from a cellular telephone on oxidant and antioxidant levels in rabbits," *Cell Biochim Funct*, vol. 20, pp. 279-283, 2002.
- [22] S. Şeker ve O. Çerezci, "Radyasyon Kuşatması," Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi, İstanbul, 2000.
- [23] International Agency for Research on Cancer (IARC), "IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans," vol. 80, 2002.
- [24] D. Elhasoğlu, "Elektromanyetik Kirliliğin Zararlı Etkileri," Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2006.
- [25] R.W. Habash, J.M. Elwood, D. Krewski, W.G. Lotz, J.P. McNamee ve F.S. Prato, "Recent advances in research on radiofrequency fields and health," 2004-2007, *J Toxicol Environ Health B Crit Rev*, vol. 12, pp. 250-288, 2009.
- [26] A. Christ, T. Samaras ve E. Neufeld E, "SAR distribution in human beings when using body-worn RF transmitters," *Radiat Prot. Dosimetry*, vol. 124, no. 1, pp. 6-14, 2007.
- [27] S. Dasdag, M.A. Ketani ve Z. Akdağ, "Whole-body microwave exposure emitted by cellular phones and testicular function of rats," *Urol Res.*, Vol. 27, no. 3, pp. 219-223, 1999.
- [28] P. Paredi, S.A. Kharitonov ve T. Hanazawa, "Local vasodilator response to mobile phones Laryngoscope," vol. 111, no. 1, pp. 159-162, 2001.
- [29] R. Glaser, "Are thermoreceptors responsible for "non-thermal" effects of RF fields?," Edition Wissenschaft (Bonn, Germany: Forschungsgemeinschaft Funk), no. 21, 2005.
- [30] WHO, "THE INTERNATIONAL EMF PROJECT PROGRESS REPORT 1999-2000," erişim adresi: http://www.who.int/peh-emf/publications/reports/en/Progress_report99-00.pdf
- [31] K. Balıkçı, "Sıçanlarda in vivo olarak elektromanyetik alana maruz kalmanın beyin dokularındaki katekolaminerjik nörotransmitter düzeylerine etkisi," *e-Journal of New World Sciences Academy*, vol. 11, no. 3, pp. 1-8, 2016.
- [32] A. Koyu, "Cep telefonlarından yayılan 900 MHz elektromanyetik alanın serum kortizol ve testosteron hormonu üzerine etkisi," *S.D.Ü. Tıp Fakültesi Dergisi*, vol. 12, no. 1, pp. 52-56, 2005.
- [33] W.G. Lotz ve S.M. Michaelson, "Temperature and corticosterone relationship in microwaves exposed rats," *J Appl Physiol*, vol. 44, pp. 438-445, 1978.
- [34] W.G. Lotz ve R.P. Podgorski, "Temperature and adrenocortical responses in rhesus monkeys exposed to microwaves," *J Appl Physiol*, vol. 53, pp. 1565-1571, 1982.
- [35] S.T. Lu, N. Lebda, S. Pettit ve S.M. Michaelson, "Microwaveinduced temperature corticosterone and thyrotropin interrelationships," *J Appl Physiol*, vol. 50, pp. 399-405, 1981.



- [36] T. Mercantepe, "Prenatal Dönemde 900Mhz Elektromanyetik Alanın Sıçan Omurilik Dokusu Üzerine Etkilerinin Histopatolojik Olarak İncelenmesi," ACU Sağlık Bil Derg, vol. 9, no. 2, pp. 137-141, 2018.
- [37] H. Lai ve N.P. Singh, "Melatonin and a spin-trap compound block radiofrequency electromagnetic radiation-induced DNA strand breaks in rat brain cells," Bioelectromagnetics, vol. 18, pp. 446-454, 1997.
- [38] J.G. Robison, A.R. Pendleton, K.O. Monson, B.K. Murray ve K.L. O'Neill, "Decreased DNA repair rates and protection from heat induced apoptosis mediated by electromagnetic field exposure," Bioelectromagnetics, vol. 23, no. 2, pp. 106-112, 2002.
- [39] Z.E. Gagnon, C. Newkirk, J.A. Conetta, M.A. Sama ve S. Sisselman, "Teratogenic effect of broad band electromagnetic field on neonatal mice," J Environ Sci Health part A Tox Hazard Subst Environ Eng., vol. 38, no. 11, pp. 2465-2481, 2003.
- [40] K. Maaroufi, L. Had-Aissouni, C. Melon, M. Sakly, H. Abdelmelek, B. Poucet ve E. Save, "Spatial Learning, Monoamines and Oxidative Stress in Rats Exposed to 900 MHz Electromagnetic Field in Combination with Iron Overload," Behavioural Brain Research, vol. 258, pp. 80-89, 2014.
- [41] C.C. Papageorgiou, E.D. Nanou, V.G. Tsiafakis, E. Kapareliotis, K.A. Kontoangelos, C.N. Capsalis, A.D. Rabavilas ve C.R. Soldatos, "Acute Mobile Phone Effects on Pre-Attentive Operation. Neuroscience Letter," vol. 397, no. 1-2, pp. 99-103, 2006.
- [42] L.G. Salford, A.E. Brun, J.L. Eberhardt, L. Malmgren ve B.R.R. Persson, "Nerve Cell Damage in Mammalian Brain after Exposure to Microwaves from GSM Mobile Phones," Environmental Health Perspectives (United States: National Institute of Environmental Health Sciences), vol. 111, no. 7, pp. 881-883, 2003.
- [43] L.G. Salford, H. Nittby, A. Brun, G. Grafstrom, L. Malmgren, M. Sommarin, J. Eberhardt, B. Widegren, B.R.R. Persson, "The Mammalian Brain in the Electromagnetic Fields Designed by Man with Special Reference to Blood-Brain Barrier Function, Neuronal Damage and Possible Physical Mechanisms," Progress of Theoretical Physics Supplement (Japan: Physical Society of Japan), vol. 173, pp. 283-309, 2008.
- [44] A. Ahlbom, N. Day, M. Feychting, E. Roman, J. Skinner ve J. Dockerty, "A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia," Br J Cancer, vol. 83, pp. 692-698, 2000.
- [45] J. Schüz, J.P. Grigat, K. Brinkmann ve J. Michaelis, "Residential magnetic fields as a risk factor for childhood acute leukaemia: results from a German population-based case-control study," Int J Cancer, vol. 91, pp. 728-35, 2001.
- [46] D.E. Foliart, B.H. Pollock, G. Mezei, R. Iriye, J.M. Silva ve K.L. Ebi, "Magnetic field exposure and long-term survival among children with leukaemia," Br J Cancer, vol. 1, pp. 161-4, 2006.
- [47] M. Ha, H. Im, M. Lee, H.J. Kim, B.C. Kim ve Y.M. Gimm, "Radio-frequency radiation exposure from AM radio transmitters and childhood leukemia and brain cancer," Am J Epidemiol, vol. 166, pp. 270-9, 2007.
- [48] R. Winker, S. Ivancsits, A. Pilger, F. Adlkofer ve H.W. Rudiger, "Chrosomal damage in human diploid fibroblasts by intermittent exposure to extremely low-frequency electromagnetic fields," Mutation Research, vol. 585, pp. 43-49, 2005.
- [49] F. Wolf, A. Torsello, B. Tedesco, S. Fasanella, A. Boninsegna, M. D'Ascenzo, C. Grassi, G.B. Azzena ve A. Cittadini, "50-Hz extremely low frequency electromagnetic fields enhance cell



- proliferation and DNA damage: possible involvement of a redox mechanism,” *Biochim Biophys Acta*, vol. 1743, pp. 120-129, 2005.
- [50] WHO, “Fact Sheet 296, Electromagnetic fields and public health,” 2005. Access address: https://www.who.int/peh-emf/publications/facts/EHS_Factsheet_296_English.pdf.
- [51] S. Lönn, A. Ahlbom, P. Hall ve M. Feychting, “Mobile phone use and the risk of acoustic neuroma. *Epidemiology*,” vol. 15, pp. 653-659, 2004.
- [52] M.A. Al-Akhras, “Influence of 50 Hz magnetic field on sex hormones and body,uterine, and ovarian weights of adult female rats,” *Electromagn Biol Med.*, vol. 27, no. 2, pp. 155-163, 2008.
- [53] A. Agarwal, F. Deepinder, K.S. Rakesh, G. Ranga ve L. Jianbo, “Effect of cell phone usage on semen analysis in men attending infertility clinic: An observational study,” *Fertility and Sterility.*, vol. 89, no. 1, pp. 124-128, 2008.
- [54] A.U. Barış, K.K. Dide, G. Fetih, D. Yeter ve U. Ömer, “Effect of Electromagnetic Wave Emitted from Mobile Phone on Some Reproductive Parameters in Adult Male Guinea Pigs,” *Atatürk Üniversitesi Vet. Bil. Derg.*, vol. 7, no. 2, pp. 77-84, 2012.
- [55] N. Schreier, A. Huss ve M. Rösli, “The prevalence of symptoms attributed to electromagnetic field exposure: a cross-sectional representative survey in Switzerland,” *Soz Praventiv Med.*, vol. 51, pp. 202-209, 2006.
- [56] L. Hardell, M. Carlberg ve K. Hansson Mild, “Pooled analysis of two casecontrol studies on use of cellular and cordless telephones and the risk for malignant brain tumours diagnosed in 1997-2003,” *Int Arch Occup Environ Health*, vol. 79, pp. 630-639, 2006.
- [57] C.E. Minder, D.H. Pfluger, “Leukemia, brain tumors, and exposure to extremely low frequency electromagnetic fields in Swiss railway employees,” *Am J Epidemiol*, vol. 153, pp. 825-835, 2001.
- [58] P.J. Villeneuve, D.A. Agnew, K.C. Johnson ve Y. Mao, “Canadian Cancer Registries Epidemiology Research Group. 2002. Brain cancer and occupational exposure to magnetic fields among men: results from a Canadian population-based case-control study,” *Int J Epidemiol*, vol. 31, pp. 210-217, 2002.
- [59] E.G. Kıvrak, K.K. Yurt, A.A. Kaplan, I. Alkan ve G. Altun, “Effects of electromagnetic fields exposure on the antioxidant defense system,” *Journal of Microscopy and Ultrastructure*, vol. 5, no. 4, pp. 167–176, 2017.
- [60] S.P. LeDoux, N.M. Druzhyina, S.B. Hollensworth, J.F. Harrison ve G.L. Wilson, “Mitochondrial DNA Repair: A Critical Player in the Response of Cells of the CNS to Genotoxic Insults,” *Neuroscience*, vol. 145, no. 4, pp. 1249–1259, 2007.
- [61] E. Kaufman ve I.B. Lamster, “The Diagnostik Applications of Saliva— A Review,” *Sage Journals.*, vol. 13, no. 2, pp. 197-212, 2002.
- [62] Ş. Açıkgöz, “Deneyisel Düşük Doz Elektromanyetik Alanın Sıçan Testis ve Semen Dokularına Etkileri ve Kafeik Asit Fenetil Esterin Antioksidan Rolünün Araştırılması,” *Uzmanlık Tezi, Sakarya Üniversitesi Tıp Fakültesi, Adapazarı, Türkiye*, 2019.
- [63] E. Şahin, D. Güzel, Ş. Açıkgöz ve N. Tufan, “Effects of Acute and Chronic Exposure to 900 MHz Electromagnetic Field on the Rat Liver Microarchitecture,” *Proceedings*, vol. 2, no. 25, pp. 1585, 2018. Access address: <https://www.mdpi.com/2504-3900/2/25/1585>



- [64] N. Çöl, Ö. Kömürcü-Karuserci ve C. Demirel, "The possible effects of maternal electronic media device usage during pregnancy on children's sleep patterns," Turkish Archives of Pediatrics, vol. 56, no. 3, pp. 254-260, 2021.
- [65] M.F. Shamsi, S. Ziaei, M. Firoozabadi ve A. Kazemnejad, "Exposure to extremely low frequency electromagnetic fields during pregnancy and the risk of spontaneous abortion: a case-control study," J Res Health Sci, vol. 13, no. 2, pp. 131-134, 2013.
- [66] D-K. Li, H. Chen J.R. Ferber, R. Odouli ve C. Quesenberry, "Exposure to magnetic field non-ionizing radiation and the risk of miscarriage: A prospective cohort study," Scientific reports., vol. 7, no. 1, pp. 1-7, 2017.
- [67] S.M. Mortazavi, J. Ahmadi ve M. Shariati, "Prevalence of subjective poor health symptoms associated with exposure to electromagnetic fields among university students," Bioelectromagnetics, vol. 28, pp. 326-330, 2007.
- [68] S.M. Mortazavi, M. Atefi ve F. Kholghi, "The pattern of mobile phone use and prevalence of self-reported symptoms in elementary and junior high school students in Shiraz, Iran," Iran J Med Sci., vol. 36, pp. 96-103, 2011.
- [69] N. Kucer ve T. Pamukcu, "Self-reported symptoms associated with exposure to electromagnetic fields: a questionnaire study," Electromagn Biol Med., vol. 33, pp. 15-17, 2014.
- [70] TUBİTAK-BİLTEN, "Elektromanyetik Dalgalar ve İnsan Sağlığı, Sıkça Sorulan Sorular ve Yanıtları," 2001, Access address: https://www.fmo.org.tr/wp-content/uploads/2010/03/baz_istasyonlari.