



1954

TMMOB ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI

BİLGİ BELGE MERKEZİ(BBM)

Döküman Bilgileri

EMO BBM Yayın Kodu	: 5
Bildirinin Adı	: Orta Gerilim Enerji Nakil Hatları Çevresindeki Elektrik ve Manyetik Alan Seviyelerinin halk Sağlığı Bakımından Değerlendirilmesi
Bildirinin Yayın Tarihi	: 21/05/2010
Yayın Dili	: Türkçe
Bildirinin Konusu	: OG enerji nakil hatlarının halk sağlığı açısından değerlendirilmesi
Bildirinin Kaynağı	: BİYOMUT 2010, 15.Biyomedikal Mühendisleri Ulusal Toplantısı, 21-24 Nisan 2010, Antalya
Anahtar Kelimeler	: OG enerji nakil hatları ve halk sağlığı, biyomedikal
Yazar 1	: Evin Gizem Ögel
Yazar 2	: Şükrü Özen
Yazar 3	: Selçuk Helhel
Yazarlar EMO üyesi ise Sicil No	: 41690, 20874, 21231

Açıklama

Bu doküman Elektrik Mühendisleri Odası tarafından açık arşiv niteliğinde olarak bilginin paylaşımı ve aktarımı amacı ile eklenmiştir.

Odamız üyeleri kendilerine ait her türlü çalışmayı EMOP/Üye alanında bulunan veri giriş formu aracılığı ile bilgi belge merkezinde yer almasını sağlayabileceklerdir. Ayrıca diğer kişiler çalışmalarını e-posta (bbm@emo.org.tr) yolu ile göndererek de bu işlemin gerçekleşmesini sağlayabileceklerdir. Herhangi bir dergide yayınlanmış akademik çalışmaların dergideki formatı ile aynen yer almaması koşulu ile telif hakları ihlali söz konusu değildir.

Elektrik Mühendisleri Odası Bilgi Belge Merkezi'nde yer alan tüm bilgilerden kaynağı gösterilerek yararlanılabilir.

Bilgi Belge Merkezi'nde bulunan çalışmalardan yararlanıldığında, kullanan kişinin kaynak göstermesi etik açısından gerekli ve zorunludur. Kaynak gösterilmesinde kullanılan çalışmanın adı ve yazarıyla birlikte belgenin URL adresi (http://bbm.emo.org.tr/genel/katalog_detay.php?katalog=3&kayit=5) verilmelidir.

Orta Gerilim Enerji Nakil Hatları Çevresindeki Elektrik ve Manyetik Alan Seviyelerinin Halk Sağlığı Bakımından Değerlendirilmesi

Evaluation of the Electric and Magnetic Field Levels of Around the Medium Voltage Power Lines in Related to Public Health

Evin Gizem ÖGEL, Şükrü ÖZEN ve Selçuk HELHEL

Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Antalya

sukruozen@akdeniz.edu.tr, egizemogel@akdeniz.edu.tr, selcukhelhel@akdeniz.edu.tr

Özetçe

Bu çalışmada yerleşim alanlarında konutlara yakın geçen orta gerilim (OG) enerji dağıtım hatlarının çevresindeki elektrik ve manyetik alanlar analitik olarak hesaplanmıştır. Çalışmada, Antalya kent merkezinde farklı yerleşim birimlerinde bulunan 34.5/0.4kV OG/AG enerji nakil hatları (ENH) seçilmiştir. Hatların çevresinde oluşan elektrik ve manyetik alan değerleri ve hatlara yakın konutlarda maruz kalınan alan seviyeleri incelenmiş, sonuçlar güvenlik standartları ve halk sağlığı bakımından değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: OG, Elektrik Elan, Manyetik Alan, Halk Sağlığı

Abstract

In this study, the electric and magnetic fields which are occurred around the medium voltage power distribution lines in the residential areas close to housing are calculated analytically. Study, different MV-LV power transmission lines (PTL) which are settlements in Antalya city center have been selected. The electric and magnetic field values which are occurred around the lines have been examined and the results were evaluated in terms of safety standards and public health.

Keywords : Medium Voltage, Electric Field, Magnetic Field, Public Health, Standards

1. Giriş

Son yıllarda, ENH çevresinde oluşan 50Hz frekanslı manyetik alanlar, sağlık üzerine muhtemel olumsuz etkileri nedeni ile üzerinde çok durulan ve yoğun araştırmalar yapılan bir konu haline gelmiştir. Son otuz yıldır, ENH kaynaklı elektrik ve manyetik alanların biyolojik yapılar üzerine etkilerinin araştırıldığı çok sayıda araştırma yürütülmekte olup özellikle enerji iletim ve dağıtım hatları çevresindeki manyetik alan seviyeleri ve sağlık üzerine etkileri konusunda çok ciddi tartışmalar yapılmaktadır.

Yapılan epidemiyolojik çalışmalardan bazıları 50Hz frekanslı EM alanlar ile kanser arasında, bazıları ise leukemia ile ilişki kurmaktadır. Çok düşük frekanslı (ELF) elektrik ve manyetik alanların hücre zarlarında iyon akımı,

melatonin üretimi ve enzim aktiviteleri üzerinde etkin olduğu bilinmektedir. Yapılan araştırmalara göre, ENH' na 50m veya 50m den daha az mesafede yaşayan yetişkin insanlarda leukemia riskinin, 50 ile 100m arası mesafede yaşayan insanlara göre %33 daha yüksek olduğu rapor edilmektedir[1-7].

Amerika Milli Çevre Sağlığı Bilimleri Enstitüsü (NIEHS) 0.3-0.4µT < değerli ELF (çok düşük frekans) elektromanyetik alanları, muhtemel kanserojen olarak kabul edip bir Dünya Sağlık Örgütü (WHO) birimi olan uluslar arası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) tarafından belirlenen 2B-Grubuna dahil etmiştir[8,9,10].

Bu çalışmada yerleşim alanlarında konutların çok yakınından geçen ve yüksek akım taşıyan OG enerji dağıtım hatları çevresindeki E ve H alanlar incelenmiştir. Böylece, hatlara çok yakın bulunan konutlardaki elektrik ve manyetik alan seviyeleri tahmin edilerek, sağlık açısından risk değerlendirmelerinin yapılabilmesine olanak sağlanmıştır. Enerji dağıtım hatları etrafında oluşan elektrik alan seviyeleri yük benzetim yöntemi (YBY) kullanılarak, manyetik alan değişimi ise Biot-Sawart Yasasından yararlanılarak hesaplanmıştır.

2. Elektrik Alanın Yük Benzetim Yöntemi (YBY) İle Hesaplanması

Bu yöntem; elektrotların yüzeyine fiziksel olarak dağılmış olan yüzeysel yüklerin yarattığı E- Alan yerine, miktarı kullanıcıya göre seçilmiş olan hayali her bir yükün o noktada ayrı ayrı oluşturduğu her bir alanın toplamı ilkesine dayanır[11].

YBY' inde yapılan hesapların doğruluğu için gerekli olan birtakım parametreler mevcuttur. Bunlar; yük sayısı, seçilen yüklerin tipi ve yüklerin mümkün olduğunca uygun yerlere yerleştirilmiş olması' dır. Yüklerin değerleri, iletken yüzeyinde alınan belirli sayıdaki sınır noktasındaki potansiyelin iletkenin bilinen potansiyeline eşit olması koşulundan gidilerek bulunur. q_{ij} yükü, V_i , bu yüklerin herhangi bir noktada oluşturdukları potansiyel ve P_{ij} birçok yük tipi için bilinen potansiyel katsayıları olmak üzere, potansiyel aşağıdaki bağıntı ile belirlenir.

$$V_i = \sum_{j=1}^n P_{ij} q_j \quad [V] \quad (1)$$

Seçilen yükün çizgisel olması durumunda ise potansiyel katsayı ifadesi, r_0 yükün potansiyeli sıfır olan en yakın noktaya olan uzaklığı, ϵ ortamın dielektrik sabiti olmak üzere potansiyel katsayısı şu şekilde belirlenir.

$$P = \left(\ln \frac{r_0}{r} \right) \cdot \frac{1}{2\pi\epsilon} \quad (2)$$

Yük değerlerinin hesaplanabilmesi için n adet bilinen potansiyele ihtiyaç vardır. Bunun için de potansiyel katsayı değeri bilinen n adet nokta seçilir. Bu noktalara sınır noktası adı verilir. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli husus, benzetim yükü sayısı ile sınır noktası sayılarının orantılı oluşudur. Ne kadar benzetim yükü seçildiyse aynı miktarda her bir nokta için birer sınır noktası belirlenmesi gerekir.

Yüklerin tipleri ve yerleri tanımlandıktan sonra herhangi bir sınır noktasında potansiyel ve yük değerleri arasında matematiksel bir bağıntı yazmak artık mümkün hale gelir. Genel ifade, matrisel formda eşitlik 3 ile verilmiştir.

$$\begin{bmatrix} P_{11} & \dots & P_{1n} \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ P_{n1} & \dots & P_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} q_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ q_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ V_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

Benzetim yüklerinin değerleri ve yerleri bilinirse, herhangi bir noktadaki potansiyel ve alan şiddeti eşitlik 3 ve süper pozisyon ilkesiyle bulunabilir.

YBY ile herhangi bir noktada oluşan E- Alan şiddeti eşitlik 4 yardımıyla hesaplanır.

$$\vec{E} = -\nabla V \quad (\text{V/m}) \quad (4)$$

3. Manyetik Alan Hesabı

Zamanla değişen bir I akımının neden olduğu manyetik alanın analitik olarak hesabı Biot-Savart Yasasına göre yapılır:

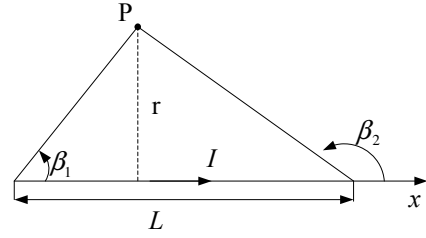
$$\vec{B} = \frac{I\mu_0}{4\pi} \int \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} \quad (5)$$

Burada $d\vec{l}$ vektör elemanı I akımının yönünü tanımlar, $d\vec{r}$ kaynak noktası $N(x_i, y_i, z_i)$ ile gözlem noktası $N(x, y, z)$ arasında çizilen konum vektörüdür, r mesafesi ise şu şekilde bulunur.

$$r = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2} \quad (6)$$

L uzunluğunda ve I akımı taşıyan bir iletkenin bir P gözlem noktasında oluşturduğu manyetik akı yoğunluğu aşağıdaki formülden hesaplanabilir:

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi r} (\cos \beta_1 - \cos \beta_2) \quad (7)$$



Şekil 1. Bir I akımı taşıyan sonlu uzunlukta bir iletken

Ayrıca $L \gg r$ için bu eşitlik bilinen geleneksel bağıntıya indirgenir[12].

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad (\text{T}) \quad (8)$$

İncelenen OG hattının binalara olan yaklaşım mesafeleri Şekil 2' de gösterilmiştir.



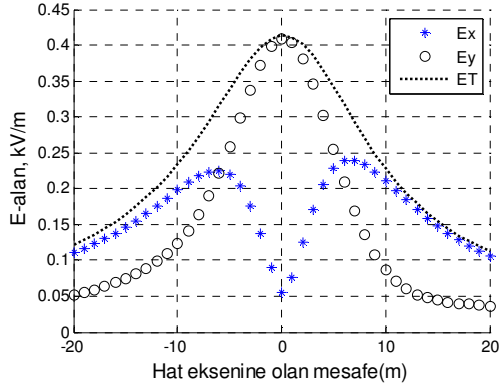
Şekil 2. Yerleşim alanından geçen tipik OG hattı

4. Hat Çevresindeki E ve H Alanlarının Değişimi

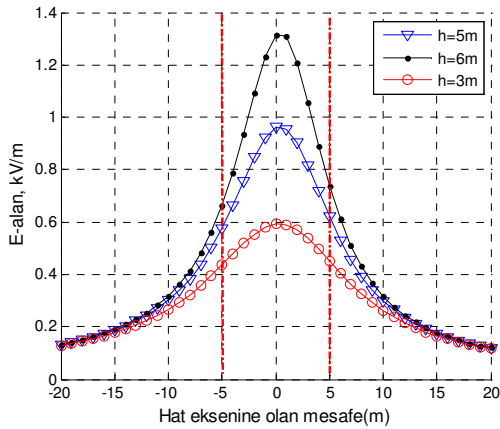
Yerleşim alanlarından konutlara yakın geçen tipik OG hatları için seçilen (34,5kV) hattın devre yapısı ve iletken koordinatları temelinde oluşturulan Matlab kodları ile elektrik ve manyetik alan seviyelerinin değişimleri incelenmiştir. Hesaplamalarda hattın gerilim seviyesi, yüke bağlı olarak akım bilgisi dikkate alınarak analizler yapılmıştır. Yerleşim alanlarında yaygın olarak kullanılan enerji dağıtım hatları konutlara 5 ile 10m arasında değişen mesafelerde bulunabilmektedir.

Potansiyel noktasına olan (yer seviyesinden yükseklik) yükseklik (h) ve hattın tam altından yatayda hatta olan uzaklık (1-20m) değişimleri dikkate alınarak alan değişimleri incelenmiştir. Yer seviyesine göre seçilen h değerleri ile hat iletkenleri düzleminde bulunan konutlarda oluşabilecek alan seviyeleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Böylece hattın yakınında bulunan konutlar için kat seviyeleri ve binaların hatta yakınlığına bağlı olarak elektrik ve manyetik alanların hesaplanabilmesine olanak sağlanmıştır.

Şekil 3. de hattın merkezinden yatay mesafe için (x-ekseni), elektrik alan şiddetinin x ve y bileşenleri ile birlikte değişimi verilmiştir.



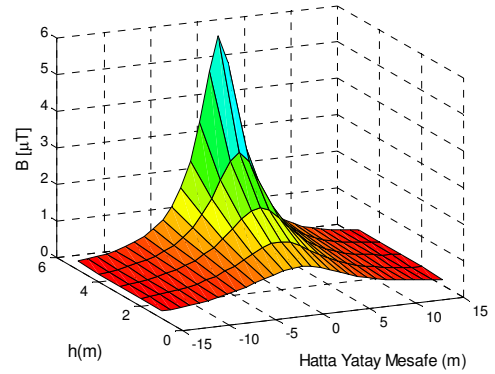
Şekil 3 OG hat ekseninde Elektrik alan bileşenlerinin değişimi (h=1m)



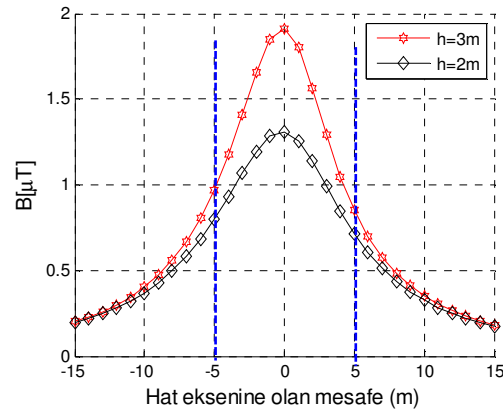
Şekil 4 OG Hattı ekseninde Elektrik alan şiddetinin farklı yüksekliklerdeki değişimi

Şekil 4' de görüldüğü üzere, iletken düzlemine doğru yaklaşıldıkça oluşan elektrik alan şiddeti yükselmektedir. Bu durumda, hatta yakın binalarda iletken düzleminde bulunan konutlarda yaşayanlar, diğer konutlarda yaşayanlara nazaran daha yüksek değerli alanlara maruz kalacaklardır. Şekil 4 de verilen grafik incelenirse, hatta yaklaşık 5-10 metre arası mesafede bulunan bir bina için, 1.katta yaşayanlara nazaran 3 veya 4. katlarda yaşayan insanların yaklaşık üç kat daha yüksek alana maruz kalabilecekleri görülebilir.

Yine seçilen tipik OG hattı için manyetik alan değişimleri (Hat akımı 100A olarak alınmıştır) incelenerek Şekil 5 ve 6' da verilmiştir.



Şekil 5. Hat Akımının 100A olduğu durum için manyetik alanın yatay eksen ve yerden yüksekliğe bağlı değişimi



Şekil 6. Yerden farklı yükseklik (h) seviyeleri için manyetik alanın değişimi

Şekil 5. de görüldüğü üzere manyetik alan, yerden yüksekliğe ve hatta olan yatay mesafeye bağlı olarak değişim göstermektedir. Şekil 5 ve 6 da verilen grafikler incelenirse, hatta yaklaşık 5-10 metre arası mesafede bulunan bir bina için, sürekli yaşam alanları olarak kullanılan konutlarda $0.5\mu T$ ile $2\mu T$ arasında değişen manyetik alan şiddeti gözlenebilecektir. Bu değerler, sürekli yaşam alanları için yüksek olarak kabul edilmelidir. Çünkü yapılan araştırma sonuçlarına göre, $0.2\mu T$ ve daha yüksek değerli manyetik alan şiddetine sürekli maruz kalınması halk sağlığı açısından riskli görülmektedir. Özellikle çocukların bu seviyelere maruz bırakılmaması önerilmektedir. Yapılan incelemeye göre yerleşim alanlarından geçen OG hatları bir çok durumda konutlara çok yakın mesafelerden geçebilmektedir.

5. Güvenlik Limitleri

Enerji iletim hatları, yüksek gerilim ve üzerinde taşıdıkları akımlar nedeniyle çevrelerinde çok düşük frekanslı (3000 Hz' ten düşük frekanslı) elektromanyetik alanlar meydana getirmektedir. Bilim adamları, bu alanların insanlar üzerindeki etkilerini uzun süredir merak etmiş ve

birçok araştırmalar yapmışlardır. Bununla birlikte araştırmalar sonucu, henüz kesin sonuçlara varılamadığından açık ve net kurallar ortaya konamamıştır. Yapılan tüm araştırma ve incelemeler ışığında, Dünya Sağlık Örgütü ELF manyetik alanları olası kanserojen sınıfına sokmuştur.

Uluslararası İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Korunma Komitesi (International Nonionizing Radiation Committee, ICNIRP), 50Hz güç frekansı için mesleki maruz kalma standardını 500 μT ve genel halk için ise 100 μT olarak kabul etmiştir. Ancak son yıllarda yürütülen araştırmalara göre ELF frekanslı elektromanyetik alanlara uzun süreli maruz kalanlarda önemli sağlık sorunları ortaya çıktığını vurgulamaktadır. Literatürde 0.4 μT değerinin üzerinde uzun süreli maruz kalan çocuklarda lösemi riskini artırdığına dönük çok sayıda sonuç yayınlanmaktadır. Ayrıca 0.2 μT (2mG) ve üzerindeki alanlara uzun süreli maruz kalınması halinde kanser riskinin arttığına dikkat çeken çalışmalar mevcuttur.

Bazı mesleki çalışma bölgelerinde 0.1T' ya ulaşabilen H- alan düzeyi yüksek gerilim hatlarında ve bazı haberleşme sistemlerinde daha büyük boyutlara ulaşabilmektedir. Bu konuda yakın zamana kadar yapılan çalışmalar genelde manyetik alanların kanserojen etki yaratıp yaratmadıkları konusundadır. Miller (1974) ve Tomenius grubu(1982)' nun yapmış oldukları çalışmalar sonucunda sonucunda tipik ev ve bürolarda manyetik alanların 0.1 mT mertebelerinde olduğu, yüksek akımlı sistemlerin yakınlarındaysa bu oranın 1000 kata kadar artabileceğini saptamışlardır[1]. 25kV/m den daha üst seviyelerde, uzun süreli maruziyetlerin tehlikeli olabileceği, metre başına birkaç V kadar düşük alanlarda bile biyolojik sistemlerde değişimler oluşabileceği bir gerçektir. 60 Hz' lik bir iletim hattı için maksimum elektrik alan, toprak seviyesinde 10 kV/m' ye erişebilmektedir[1].

Sonuç itibariyle; canlı sistemlerinin elektromanyetik alanlardan doğrudan veya dolaylı yollardan çeşitli şekillerde ve farklı oranlarda etkilendikleri söylenebilir.

Bu olaylar neticesinde, ELF E ve H alanlara, güvenilir sınırlarda maruz kalma sorunu ortaya çıkmış ve bazı standartlar belirlenmiştir. Buradaki amaç, toplumu veya mesleği gereği ELF alanlara maruz kalan bireyleri korumaktır.

Sovyet standartlarına göre, 10kV/m veya daha fazla E- alanlarına belirlenen sürenin tamamı kadar kalan işçiler, günün geri kalan zamanında 5kV/m veya daha az E-alana maruz kalmaları gerektiği önerilmektedir. Ayrıca bu standartlar ile yüksek gerilim AC iletim hatlarına ilişkin olarak yerleşim merkezleri yakınlarında 1kV/m değeri güvenlik limiti olarak önerilmiştir. Yine Japon standartlarına göre, toprak seviyesinden 1 m yükseklikte Elektrik alan şiddetinin 3 kV/m' yi aşmaması gerektiği belirtilmiştir.

ICNRP 50Hz güç frekanslı manyetik alanlar için maruz kalma limiti olarak; çalışanlar için 500 μT ve genel halk maruz kalması için ise 100 μT değerini kabul etmiştir. Elektrik alan için genel halkın maruz kalabileceği (24 saat/gün Günde birkaç saat) değerleri ise (5/10kV/m) olarak kabul etmiştir.

Avrupa Birliği' nde (AB) elektrik ve manyetik alanlar için kullanılan referans değerler (CEI ENV 50166-1 Normu), TSE Standardı ile aynıdır. TSE referans değerleri Tablo 1 de verilmiştir.

Tablo 3. Türk Standartları Enstitüsünün hazırladığı referans değerler

Tanım	E-Alan (kV/m)	Zaman (t, saat)	H-Alan (mT)
Çalışanlar	30	$t \leq 80/E^*$	16 G
Halk	10		6.4 G

(* E; ortamda ölçülen alan değeri)

6. Tartışma ve Sonuçlar

Bu çalışmada, yerleşim alanlarından geçen ve konutlara çok yakın tesis edilmiş bulunan (5-10m aralığında değişen mesafelerde) tipik (34.5kV) OG enerji hatları çevresindeki elektrik ve manyetik alanlar incelenmiştir. Binalarda kat yüksekliği dikkate alınarak iletken düzleminde bulunan konutlardaki alan seviyelerinin diğer katlara nazaran daha yüksek beklenmesi gerektiği görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre manyetik alan için yatayda 10 m ye kadar mesafelerde, manyetik alan şiddetinin sürekli yaşam alanları için riskli olarak kabul edilen 0.2-0.3 μT değerlerinden daha yüksek olabileceği görülmüştür. Elektrik alan şiddetleri bakımından gerilim seviyeleri dikkate alındığında; standart değerler açısından riskli bir seviye oluşmamakla birlikte, hat düzleminde yer alan konutlar için alan seviyeleri önemli ölçüde yükselmektedir. Bu nedenle hatların projelendirilmeleri sırasında bu durumlar dikkate alınmalıdır

Ancak son zamanlarda sürdürülen çalışmalara göre, özellikle genel halk ve çocuklar için enerji hatları çevresinde 0.2-0.3 μT ve üzerindeki manyetik alan değerlerinin leukemia riskini artırdığını göstermektedir. Hollanda da 0.4 μT değerinin temel standart alınması yönünde çalışmalar yapılmaktadır. İsveç hükümeti ise 0.2 μT limit değerini önermiştir. Benzer yaklaşımlar diğer ülkelerde de sürmekte, güvenlik limitlerinin yeniden gözden geçirilmesi, elektromanyetik alanlara hassas gruplar (çocuklar ve hamileler vb.) için daha özel standart tanımlamalarının yapılması yönünde talepler gündeme gelmektedir. Ayrıca, Uluslar arası standart kuruluşlarca kabul edilen limitler ile yürütülen bilimsel çalışma sonuçlarında bahsedilen riskler ve alan seviyeleri arasında ciddi düzeyde farklar bulunmaktadır.

Sonuç olarak; yerleşim alanlarından geçen ve binalara 5-6m yaklaşım mesafelerinde bulunabilen OG enerji hatları çevresindeki konutlarda, özellikle manyetik alan seviyelerinin halk sağlığı bakımından risk yaratabilecek düzeylere ulaşabileceği görülmüştür. Kent merkezlerinde yerleşim alanlarından geçen ve konutlara çok yakın bir mesafede bulunan OG enerji dağıtım hatlarının yeraltına alınarak tesis edilmesi, elektromanyetik riskin azaltılması bakımından önem arz etmektedir. Bunun yapılamadığı yerlerde hatlara yakın binaların dış cephelerinde ekranlama yapılmalı ve yaşam alanlarındaki Elektromanyetik alan seviyeleri güvenlik limitlerinin (<0.2 μT) altına çekilmelidir. Ayrıca yeni tesis edilecek enerji hatları için elektromanyetik güvenlik limiti bakımından yaklaşım mesafeleri, proje aşamasında tanımlanarak hat güzergâhında uygulanmalıdır. Yine bu yaklaşım mesafeleri imar kanunlarına yansıtılarak belediyelerce titizlikle uygulanmalıdır.

Teşekkür: Bu çalışma Akdeniz Üniversitesi Araştırma Projeleri Yönetim Birimince Desteklenmiştir.

7. Kaynakça

- [1] J.F. Deford, O.P. Gandhi, Impedance method to calculate currents induced in biological bodies exposed to quasi-static electromagnetic fields, *IEEE Trans. Electromag. Compat.* Pp.168-173. EC-27(3) (1985)
- [2] M.A. Abd-Allah, Sh.A. Mahmoud, H.I Anis, Interaction of Environmental ELF Electromagnetic Fields with Living Bodies, Electric Machines and Power Systems, vol. 28, Taylor & Francis, 301-312. 2000
- [3] Coleman MP et al. Leukemia and residence near electrical transmission lines: a case control study. *Br J Cancer.* 60 (1989) pp.793-8.
- [4] NIEHS Report on Health Effects from Exposure to Power – Line Frequency Electric and Magnetic Field, Reported in Response to the 1992, Energy Policy Act (PL 102-486, Section 2118).
- [5] Greenland, S., Sheppard, A., Kaune, W., Poole, C. and Kelsh, M. A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia. *Epidemiology* 11,624–634 (2000).
- [6] Ahlbom, A. et al. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukemia. *Br J. Cancer.* 83, 692–698 (2000).
- [7] Şükrü Özen, Low-Frequency Transient Electric and Magnetic Fields Coupling to Child Body, *Radiation Protection Dosimetry*, 128(1):62-7, 2008
- [8] ICNIRP, Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz., *Health Physics.* 41,449-522 (1998).
- [9] ÖZEN Ş., Yüksek Gerilim Trafo Merkezlerinde Manyetik Alan Seviyeleri ve Mesleki Maruz Kalmanın Değerlendirilmesi, 12. Ulusal Elektrik Elektronik Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, Eskişehir, Kasım 2007
- [10] ÖZEN Ş., 'Evaluation and Measurement of Magnetic Field Exposure at a Typical High Voltage Substation and Its Power Lines', *Radiation protection Dosimetry*, Vol. 128, No. 2, pp. 198-205
- [11] YILDIRIM H. and KALENDERLİ Ö., Computation of Electric Field Induced Currents on Biological Bodies near High Voltage Transmission Lines, 2nd Int., *Biomedical Engineering Days*, pp75. 1998.
- [12] Ş.Özen, Niyazi Arı, *Elektromanyetik Alanlar, Teori ve Matlab Uygulamaları*, ISBN 978-9944-341-73-8, Palme Yayıncılık, 2008 Ankara
- [13] Davis J.G. , Bennet W.R. , *Health Effects of Low-Frequency Electric and Magnetic Fields*, *Environmental Science and Technology* , Vol.27 , No.1,pp.42-51 , 1993
- [14] Selçuk Helhel, Sukru Ozen, "Assessment of Occupational Exposure to Magnetic Fields in The High Voltage Substations (154/34.5kV)", *Radiation Protection Dosimetry*, 128(4):464-470, 2008