

ENERJİ İLETİM HATLARININ MEYDANA GETİRDİĞİ ELEKTROMANYETİK ALANLAR VE DEĞERLENDİRMELER

İlhan KOŞALAY

TRT Bilgi Teknolojileri Dairesi Bşk., Enerji Sis. Müdürlüğü, C-412, TRT Sitesi, Oran, ANKARA
ilhan.kosalay@trt.net.tr

Özet

Enerji iletim hatları, yüksek gerilim ve üzerinde taşıdıkları akımlar nedeniyle çevrelerinde çok düşük frekanslı (ELF) 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 varılmadığından açık ve net kurallar ortaya konamamıştır. Yapılan tüm araştırma ve incelemeler ışığında, Dünya Sağlık Örgütü ELF manyetik alanları olası kanserojen sınıfına sokmuştur.

Bu çalışmada iletim hatlarından kaynaklanan alanların sağlıklı bir biçimde hesaplanması, ölçüm tabanlı değerlendirmeler ve tahmin yöntemleri genel olarak incelenmiştir. Ölçüm sonuçlarının değerlendirilebileceği ulusal ve uluslararası standartlardan bahsedilmiş, açıklamalar sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Elektromanyetik alan, enerji iletim hattı, standartlar*

Abstract

Energy transmission lines produce ELF electromagnetic fields in its surrounding area because of having high voltage and currents. Scientist have wondered and researched the effects of electromagnetic fields on the people for a long time. However, it hasn't been found certain conclusion and clear rules could not have been said. Even though all researches and investigations have been done, World Health Organization (WHO) has classified the ELF magnetic field in the possible carcinogenic class.

In this study, robust calculation of transmission line electromagnetic field, measurement based evaluations, and estimation techniques are investigated generally. National and international standards are given and explained for evaluation of measurement values.

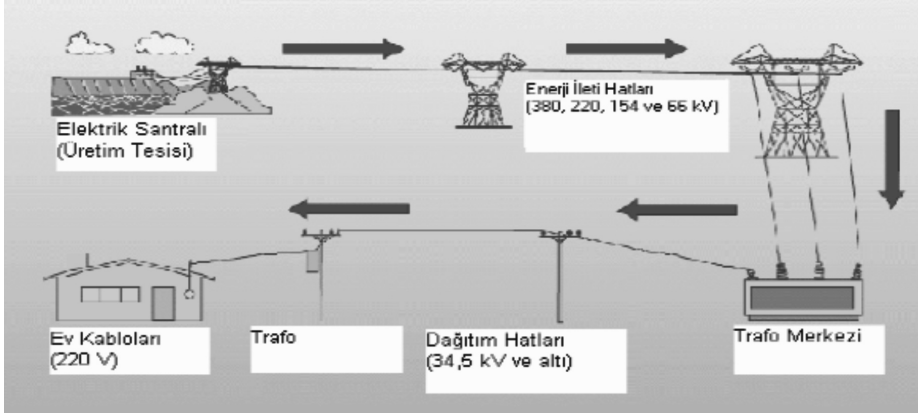
Key words: *Electromagnetic field, energy transmission line, Standards*

1.GİRİŞ

Elektromanyetik radyasyon (ışınım), enerjinin dalga halinde elektrik ve manyetik alan bileşenleriyle birlikte uzayda hareketidir. Bu hareket ışık hızıyla olur. Elektromanyetik ışımanın birçok biçimi vardır. Görünür ışık, kızıl ötesi ışınlar örnek olarak verilebilir. Elektromanyetik dalgalar, frekansları ya da dalga boylarıyla tanımlanır. Frekans ekseninde, tüm elektromanyetik dalga türlerini bir anda gösteren çizelge “elektromanyetik spektrum” olarak adlandırılır. Bir elektromanyetik dalganın frekansıyla dalga boyunun çarpımı sabittir ve ışık hızına eşittir. Bu nedenle elektromanyetik dalgaların frekansları artıkça dalga boyları da küçülür. Spektrumun üst ucunda gama ışınları, yüksek enerjili x-ışınları gibi ışımlar yer alır. Tayfin öteki ucundaysa "aşırı düşük frekanslı" (ELF) alanlar vardır. Bunların frekansı 3000 Hz'den düşüktür, dalga boyları da binlerce kilometreyi bulur. Elektrik enerjisi iletim hatlarının oluşturulduğu 50 Hz frekansındaki elektromanyetik alanlar bu sınıfa girmektedir.

Santrallerde üretilen elektrik enerjisi, şehirlere yüksek gerilimli iletim hatlarıyla taşınır. Bu elektrik enerjisinin gerilim seviyesi şehir girişlerine kurulan büyük trafo merkezlerinde orta gerilime düşürülür. Orta gerilim hatlarından bir bölümü çevre ilçe ve köylerdeki dağıtım trafolarını, bir bölümü de şehir içindeki dağıtım trafolarını besler. Dağıtım trafolarına orta gerilim düzeyinde gelen elektrik enerjisi, bu trafolarda 220 V' luk kullanım düzeyine düşürülerek konutlara ve iş mekânlarına dağıtılır. Şekil 1'de enerjinin üretim aşamasından tüketiciye kadar olan ilerleyişi şematik olarak gösterilmiştir. Bir ülkeyi ağ şebekesi şeklinde saran iletim ve dağıtım hatları ve bu hatlar üzerinde bulunan çeşitli boyutlardaki on binlerce trafo merkezleri, etraflarında elektromanyetik alanlar oluşturur. Elektrik hatları ve trafo merkezlerine çok yakın oturanlar doğal olarak bu alanlardan etkilenir.

Elektromanyetik alan terimi, belirli bir yerde elektromanyetik enerjinin varlığını göstermek için kullanılır. Elektromanyetik alanların iki bileşeni vardır;. Elektrik alanların şiddeti metre başına düşen gerilim (V/m) ile ölçülürken manyetik alanın ölçü birimi Tesla'dır. Yagın olarak kullanılan bir başka birimse Gauss'tur (G).



Şekil 1. Enerjinin iletim ve dağıtım hatlarıyla taşınması

İnsan ya da diğer canlılar, evrimin hiçbir aşamasında günümüzdeki kadar yüksek şiddette elektromanyetik alanların etkisi altında kalmamıştır. Bunun doğal sonucu olarak insanın ve öteki canlıların bunlara karşı bir korunma mekanizması geliştirmiş olması beklenemez. Son çeyrek asır süresince başta ABD ve Avrupa olmak üzere tüm dünyada bu alanda yüzlerce araştırma yapılmıştır. 1994'te ABD ve Finlandiya'da yapılan araştırmalar, elektromanyetik alanların çok etkisinde kalan işçilerde alzheimer hastalığının, normal insanlara göre erkeklerde 4,9 kat, kadınlarda da 3,4 kat daha çok görüldüğünü ortaya koymuştur. 1998'de gerçekleştirilen bir başka araştırmada da radyo operatörleri, endüstriyel donanım işçileri, veri işleme aygıtı tamircileri, telefon hattı işçileri, elektrik santralleri ve trafo merkezlerinde çalışan işçilerle film makinistlerinde alzheimer hastalığı, parkinson hastalığı ve başka birtakım nörolojik bozuklukların daha çok görüldüğü ortaya çıkmıştır. Elektromanyetik alanların kanserle bir ilişkisinin olup olmadığı, bu konuyla ilgili istatistiksel araştırmalar elektrik iletim hattı yakınlarında yaşayan insanlar üzerinde, özellikle de çocuklar üzerinde yapılmıştır. Çocukların, üzerlerinde gözlem yapılabilme bakımından yetişkinlere göre daha uygunluğu ve çalışmadıklarından, iş yerlerinde kanser yapıcı kimyasal maddelerin ya da başka manyetik alanların etkisinde kalma olasılıklarının olmayışı önemli bir avantaj olmuştur. Enerji iletim hatlarının çevresinde oluşan bu güç frekanslı (ELF) alanların ölçülmesi, üzerlerinde analitik ve sayısal yaklaşımlarla hesapların yapılması ve etkilerinin belirlenmesi için yapılan çalışmalar 1960'lara dayanmaktadır. Yapılan çalışmaları temel olarak; Alanların

biyolojik etki ve işlevlerinin araştırılması, güç frekanslı olan bu alanların ölçümü ve hesabı şeklinde iki gruba ayırmak mümkündür.

Gündelik yaşantıda farklı değerlerde ELF 50 hz frekanslı elektrik ve manyetik alanlarla karşılaşılır. Bu alan şiddetlerinin alanı oluşturan kaynaktan uzaklaşıldıkça azalmaya başladığı bilinmektedir. Tablo 1' de bu alanların tipik değerleri gösterilmiştir (1). Bu tablodan da görüleceği gibi, enerji iletim hatlarının yakınlarında ki elektromanyetik alan değerlerinin yüksekliği incelemelerde öncelikli hal almasına neden olmuştur.

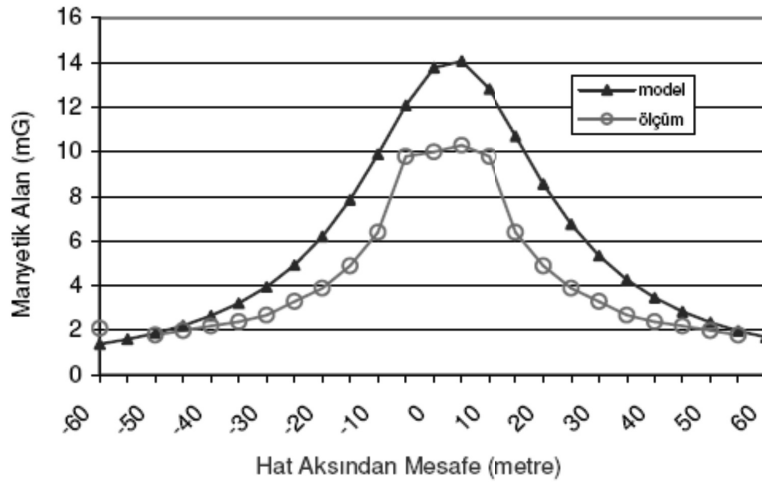
Tablo 1. Çeşitli kaynakların alan değerleri

Alanların kaynakları	Elektrik alan değeri(V/m)	Manyetik alan değeri(mG)
Yapı elektrik tesisatları	1-10	1-5
Elektrikli cihazlar	30-300	5-3000
Trafo merkezi civarı	10-60	1-10
Elektrikli tren vagonu	----	10-200
Güç iletim hattı yakını	1000-7000	5-3000

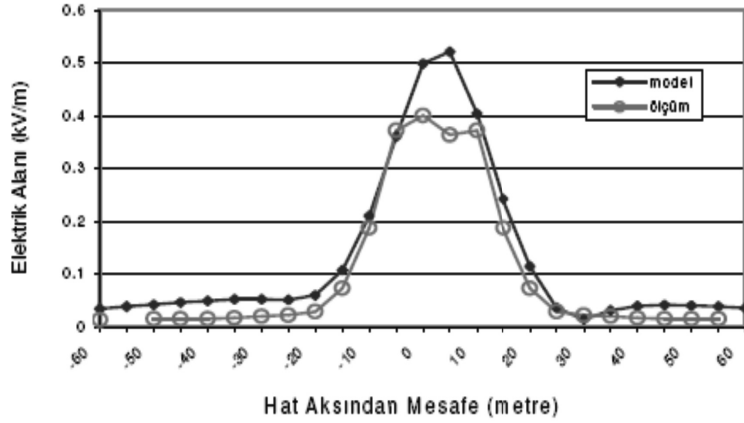
2. ENERJİ İLETİM ÇEVRESİNDEKİ ELEKTROMANYETİK ALANIN HESABI VE MODELLENMESİ

Enerji iletim hattı çevresinde ölçülen elektrik ve manyetik alan değerleri; ölçümün yapıldığı koşul ve zamandaki akım değerlerine, hattın gerilim düzeyine, hattın yüksekliğine, sehimine, arazi koşullarına, iletken cinsine, her fazdaki iletken sayısına vb. etmenlere bağlı olarak değişim gösterirler. Tesis edilmiş ve işletmede olan enerji iletim hatları için elektromanyetik alanı tespit etmenin en sağlıklı yolu ölçme yapmaktır. Bunun dışındaki hallerde ve özellikle, planlama aşamasında olan hatların elektrik alanı ve manyetik alanının belirlenmesi için en önemli işlevsel yapılar ise matematiksel modellerdir. Bir enerji iletim hattı kurulmadan önce, o hattın planlanan akım ve gerilim değerlerine, kendinin ve bulunduğu ortamın fiziksel özelliklerine ve tasarım değerlerine göre ve arzu edilen değişik koşullar için elektrik alanı ve manyetik alanının belirlenmesi, belli bir hata payıyla (kullanılan verilerin ve modelin kalitesine göre değişen), matematiksel modeller kullanılarak mümkün olabilmektedir. Dünyada değişik konulardaki binlerce modelleme çalışması göstermiştir ki, en

iyi model bile gerçek durumu birebir temsil edemez ve kestiremez. Bu nedenle, modelleme sonuçlarında belli bir hata payı olabilmektedir. Şekil 2 ve Şekil 3'de, TEAŞ tarafından elde edilen modelleme sonuçları ile ölçüm sonuçlarının kıyaslaması görülmektedir. Görüldüğü üzere, kullanılan model, kabul edilebilir bir hata payı ile ölçümle belirlenen gerçek durumun karakterini çok iyi temsil etmektedir. Bu çalışmada elde edilen modelleme sonuçları, ölçüm değerlerinden daha yüksektir. Modelleme sonuçları ile ölçüm sonuçları arasındaki fark, ölçüm noktasında alan değerine etki eden faktörlerin (ölçüm noktasının doğrultusu ve yönüne, o andaki meteorolojik koşullar, ekranlanma sağlayan bina, ağaç, metal yansıtıcılar, ölçüm cihazının hassasiyeti vb.) modellemede birebir yer almaması ya da uyumlu olmamasından kaynaklanmaktadır. Modelleme sonuçları, standartlarda verilen referans değerlerden düşük ise, gerçek değerler daha düşük olacağından ve model, alan dağılım karakterini doğru yansıttığından modelin güvenilir olduğu söylenebilir. Şekiller incelendiğinde, örnek olarak seçilen hattın kaynaklı elektromanyetik alan değerlerinin referans değerlerin altında kaldığı ve bunun da modelleme ile doğrulandığı görülmektedir (2). Şekil 2 ve 3 sırasıyla, 154 kV'luk bir hattın 410 A. yüklenmesi halinde etrafında oluşan manyetik ve elektrik alanları göstermektedir.



Şekil 2. Hat merkezinin iki yanındaki manyetik alan dağılımı



Şekil 3. Hat merkezinin iki yanındaki elektrik alan dağılımı

İletim hatlarının etrafındaki manyetik alan Biot Savart kanununa göre kolaylıkla belirlenebilir. Genel ve doğruluk oranı yüksek bir formül (1) 'deki gibi verilir (3). Bu formülde iletken toprak yüzeyindeki eddy akımları da göz önüne alınmıştır. n. iletim hattı iletkeninin konumlandığı nokta (x, y)= (hn, dn) olmak üzere süperpozisyon ile oluşan manyetik alan hesaplanabilir. Formülde In, n. İletkenin akım değerini göstermektedir.

$$\bar{\mathbf{B}} = -2 I_n \left\{ \left[\frac{(y-d_n)}{r_{on}^2} - \frac{(y+d_n+\alpha)}{r_{in}^2} \right] \bar{\mathbf{a}}_x - \left[\frac{(x-h_n)}{r_{on}^2} - \frac{(x-h_n)}{r_{in}^2} \right] \bar{\mathbf{a}}_y \right\} \quad \text{mG (RMS)} \quad (1)$$

$$r_{on} = \left((x-h_n)^2 + (y-d_n)^2 \right)^{1/2}, r_{in} = \left((x-h_n)^2 + (y+d_n+\alpha)^2 \right)^{1/2}$$

$$\alpha = \sqrt{2} \delta e^{-j\pi/4}, \delta = 503(\rho_g / f)^{1/2},$$

3. ULUSLARARASI STANDARTLAR VE REFERANS DEĞERLER

Ülkemizde enerji iletim hatlarından kaynaklı elektrik ve manyetik alanlara ilişkin özel bir standart bulunmamakta olup, şehir şebekesi frekansını da içine alan düşük frekanslar için “İnsanların Elektromanyetik Alanlara Maruz Kalması- Düşük Frekanslar (0 Hz – 10 kHz)” isimli bir TSE standardı bulunmaktadır. Bu standart içinde, çeşitli frekanslardan kaynaklı elektromanyetik alanlar için “referans değer”ler verilmektedir (4). Bunlara ek olarak, elektromanyetik alanları referans almayan, yüksek gerilim hatlarına güvenli yaklaşımın sağlanabilmesi için, 30 Kasım 2000 tarih ve 24246 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren "Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği"nde emniyetli yaklaşım mesafe değerleri tanımlanmıştır. Bu yönetmeliğin 46. Maddesinde yer alan yatay ve dikey mesafeler baz alınmak kaydı ile hattın tesisine izin verilmektedir.

Uluslararası anlamda; 1990 yılında, Radyasyondan Korunma Uluslararası Birliği iyonlaştırıcı Olmayan Radyasyon Komitesi (International Radiation Protection Association- International Nonionizing Radiation Committee - IRPA/INIRC) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) Çevre Sağlığı Bölümü'nün işbirliği ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı'nın (United Nations Environment Programme - UNEP) desteği ile 50/60 Hz'lik elektrik ve manyetik alanlar için belirlenen sınır değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Daha sonra iyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Korunma Uluslar arası Komisyonu (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection ICNIRP) adını alan IRPA/INIRC, tarafından hazırlanan çizelgede (Tablo 2) değerlerin alındığı ICNIRP rehberinde (5), referans değerlerin aşılmasının sağlık zararları olacağı anlamına gelmediği, daha ayrıntılı araştırmanın gerekeceği, belirtilmektedir.

Tablo 2. 50-60 hz için referans değerler

Maruz Kalma Koşulları	Elektrik Alanı (kV/m)	Manyetik Alan
Çalışanlar		
Tam mesai günü	10	5 G (5.000 mG)
Kısa süre ^a	30	50 G (50.000
Uzuvlar (kol ve bacak gibi vücuda eklemle bağlı)	--	mG) 250 G (250.000 mG)
Halk		
24 saat/gün	5	1 G (1.000 mG)
Günde birkaç saat	10	10 G (10.000 mG)

Avrupa Birliği'nde (AB) elektrik alanı ve manyetik alanlar için kullanılan referans değerler (CEI ENV 50166-1 Normu), TSE Standardı ile aynıdır. Ülkemizde alternatif akımda işletilmekte olan enerji iletim hatlarının frekans değeri 50 Hz'dir. Türk Standartları Enstitüsü'nün, TS ENV 50166-1/Nisan 1996 Baskı ICS 29020 sayılı ve "insanların Elektromanyetik Alanlara Maruz Kalması- Düşük Frekanslar (0 Hz – 10 kHz)" adlı standardında, iletim hatları için geçerli olan frekansla ilgili referans değerler de yer almaktadır. Bu değerler, Tablo 3'de verilmektedir.

Tablo 3. Türk Standartları Enstitüsü'nün hazırladığı referans değerler

Maruz Kalma Koşulları	Elektrik Alanı		Manyetik Alan
	Referans (kV/m)	Zaman (t, saat)	Referans (mT)
Çalışanlar	30	t≤80/E	1,6 ⁽¹⁾ (16 G)
Halk	10		0,64 ⁽²⁾ (6,4 G)

E: ortamda ölçülen elektrik alan değeri

Türkiye'de mevcut 154 kV ve 380 kV'luk hatlardan kaynaklı elektrik ve manyetik alanlar, referans ve standart değerlerle karşılaştırıldığında tehlikeli boyutlarda olmadığı anlaşılmaktadır. 154 kV ve 380 kV hatların elektromanyetik açıdan kanıtlanmış zararlı etkileri henüz mevcut olmamakla birlikte, hatlara yönetmelikte belirtilen sınırlardan daha fazla yaklaşılması halinde zararlı etkilerin oluşabileceği ve fiziksel kazalardan söz edilebilir.

Dünya Sağlık Örgütü (WHO), bağımsız, kar amacı gütmeyen ve uzman kuruluşları temel almaktadır. WHO, iyonlaştırılmayan radyasyon etkileri konusunda ICNIRP'yi, kanser konusunda IARC Uluslararası Kanser Araştırmaları Kurumu'nu kabul etmektedir. Haziran 2001'de IARC, Uluslararası Kanser Araştırmaları Kurumu enerji iletim (yüksek gerilim) hatlarının yakın civarında oluşan manyetik (ELF) alanların kanserojen olabileceğini açıklamıştır. WHO'nun kanserle ilgili sınıflamasında ELF manyetik alanlar "Olası Kanserojen" (Grup-2B) olarak yer almıştır.

4. SONUÇLAR

İnsanların çevre konusundaki duyarlılığının artmasıyla birlikte güç iletim hatlarının meydana getirdiği alanların canlılar üzerindeki etkilerinin araştırılması için yapılan incelemeler günden güne yükseliş göstermektedir. Bazı ülkeler yaptıkları çalışmalar sonucunda güç iletim hatlarının elektrik ve manyetik alanları konusunda güvenlik standartları oluşturmuşlardır. Bu standartlardaki sınır değerlere dayanılarak yerleşim merkezlerinin hatlara olan güvenli yaklaşım mesafeleri, hat güzergâhının tespiti ve direk boyutları gibi değerler kolaylıkla belirlenebilmektedir.

Türkiye'de hatların oluşturduğu elektrik ve manyetik alanlara dayalı standartların henüz oluşturulmamış olmasıyla birlikte TSE' nin 1996 yılında çıkardığı TS ENV 50166-1 sayılı standart olumlu bir adım olarak değerlendirilebilir. Ancak standardın çıkış tarihi sonrasında günümüze değin, elektromanyetik açıdan hatlara yaklaşım güvenlik mesafelerine ilişkin konu hakkındaki belirsizlik sürmektedir.

Bugüne değin yapılan çalışmalar güç iletim hatlarının oluşturduğu alanların sağlık açısından bazı etkileri olduğunu göstermekle birlikte bu etkiler henüz tam olarak ispatlanabilmiş değildir. Mevcut oluşturulabilmiş bilgiler ağırlıklı olarak fizyolojik ve psikolojik etkilerin varlığını göstermekle birlikte bu etkilerin işleyiş mekanizması üzerindeki çalışmalar hala devam etmektedir. WHO'nun kanserle ilgili sınıflamasında ELF manyetik alanları "Olası Kanserojen" (Grup-2B) sınıfına alması temkinli olmak gerektiğini ortaya koymaktadır.

5. KAYNAKLAR

1. Davis J.G. , Bennet W.R. , Helth Effects of Low-Frequency Electric and Magnetic Fields , Environmental Science and Technology , Vol.27 , No.1,pp.42-51 , 1993
2. TEAS, "Elektrik iletim Tesislerinin Elektrik Alanı ve Manyetik Alan Ölçüm Raporu", TEAS Genel Müdürlüğü, Ankara, 11 (2001).
3. Robert G. Olsen, Electromagnetic Fields From Power Lines, IEEE Trans., Vol. PWRD-6, pp. 138-143, 1993
4. TEAS Genel Müdürlüğü Çevre Daire Başkanlığı, "Elektrik Alanları ve Manyetik Alanlar", Cilt 1-2, TEAS Genel Müdürlüğü, Ankara, 90 (2001).
5. ICNIPR Guidelines, Guidelines for limiting exposure time varying electric, magnetic and electromagnetic fields, Health Phy, 74 (1998) 494-521.

