

# ENERJİ İLETİM HATLARININ OLUŞTURDUĞU MANYETİK ve ELEKTRİK ALANLAR\*

Prof. Dr. Hasan Dinçer  
Kocaeli Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü

Elektrik enerjisi; üretim santrallerinden (merkezlerinden) enerji iletim hatları (66 kV, 132 kV v.s gibi yüksek gerilimde çalışmaktadır) ile dağıtım merkezlerine oradan da dağıtım hatları ile tüketicilere sunulmaktadır.

Enerji iletim hattının yakınından geçtiği konuta uzaklıkları Elektrik Kuvvetli Akım Yönetmeliği'nde verilmiştir.

En küçük yatay uzaklık için farklı yorumlar yapılmasına rağmen EKATY 44 i maddesi 72,5-170 KV'luk hatlarda hava hattı iletkenleri ile yanından geçtikleri yapıların en çıkıntılı bölümleri arasında, en büyük salınım konumunda en küçük yatay uzaklığın 4m olduğu açıkça belirtilmektedir.

Enerji iletim hatları; konutlara yasalar ve yönetmeliklerin belirlediği mesafelerde olmalıdır.

KKTC'de 66 kV'luk enerji iletim hattının iletkenlerinin bina veya yapılara uzaklıkları

$$L = 22 \times 0,3048 = 6,7 \text{ m'dir.}$$

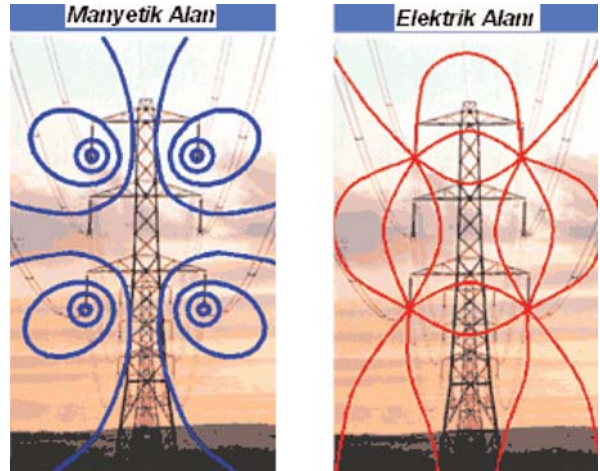
66 kV'luk enerji iletim hattının her bir uç iletkeninden 6,7 m olmak üzere her iki uç iletkeni arasındaki uzaklık 16,46 m'dir. Yani 66 kV'luk enerji iletim hattının geçtiği yerlerde bina veya yapıların yapılmasına izin verilmediği 16,46 m'lik bir bölge oluşturulmuştur.

Tipik bir havai iletim hattı tarafından üretilen manyetik alan ve elektrik alan çizgileri Şekil 1'de verilmiştir.

Havai hat kullanılarak elektrik enerjisi, çeşitli yüksek gerilimlerde ülkenin her tarafına taşınabilir. Bütün havai hatlar, elektrik ve manyetik alanlar üretirler. Alan havai hattın tam altında en büyüktür ve kenarlarda azalır. Çeşitli yüksek

Çizelge 1. EKATY'de hava iletkenlerinin en büyük salınımlı durumda yapılara olan en küçük yatay uzaklığı

Hattın İzin Verilen En Yüksek Sürekli İşletme Gerilimi (KV)	Yatay Uzaklık (m)
0-1 (1 dahil)	1
1-36 (36 dahil)	2
36-72,5 (72,5 dahil)	3
72,5-170 (170 dahil)	4
170-420 (420 dahil)	5



Şekil 1. Tipik bir havai iletim hattı tarafından üretilen manyetik alan ve elektrik alan çizgileri

\* Kıbrıs Elektrik Mühendisleri Odası'nın Kocaeli Üniversitesi Rektörlüğü'nden talebi üzerine Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde mevcut olan 66 kV ve yeni çekilen 132 kV yüksek gerilim hatları ile ilgili şikayet konusu problemleri bilimsel açıdan incelemek amacıyla görevlendirilmesi üzerine Prof. Dr. Hasan Dinçer'in yaptığı çalışmalar sonucunda hazırladığı "Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti Enerji İletim Hatları Elektromanyetik Işınımın Ölçüm Raporu"ndan derlenmiştir. Elektrik Mühendisliği Dergisi'nin 435. sayısında Elektriksel Alanlar ve Canlılara Etkileri başlığı altında ilk bölümü özetlenerek okuyuculara sunulmuştur. Bu sayıda ikinci bölümüne yer verilmektedir.

gerilimlerdeki havai hatların ürettiği tipik manyetik alanın orta iletkenden itibaren uzaklığa göre değişimi Şekil 2’de verilmiştir.

Çeşitli yüksek gerilimlerdeki havai hatların ürettiği tipik ve maksimum elektrik alanın orta iletkenden itibaren uzaklığa göre değişimi Şekil 3 ve Şekil 4’de verilmiştir.

## Havai Hat Tarafından Üretilen Alanlara Etki Eden Etkenler

Havai hat tarafından üretilen gerçek alanlar birçok etkene bağlıdır. Örnek olarak tipik yüklü 400 kV L12 standart hattını inceleyeceğiz.

**1- Devreden akan akım ve gerilim:** Manyetik alan akıma ve elektrik alan ise gerilime bağlıdır. Büyük iletim hatlarında kullanılan akım devre başına 4000 A mertebelerindedir. Tipik bir devrede ortalama akım 700 A’den fazla değildir. Dağıtım hatlarında ise 100 A’ler mertebesinde veya daha azdır. Manyetik alanın akıma göre değişimi Şekil 5’te verilmiştir.

**2- İletim hattına olan uzaklık:** İletim hattına olan uzaklık arttıkça manyetik alan azalmaktadır. Bu durum Şekil 6’da gösterilmiştir.

**3- Zeminden olan uzaklık:** Zeminden olan uzaklık (ground clearances) arttıkça manyetik alan artar. Bu durum Şekil 7’de gösterilmiştir.

**4- İletim sisteminde kullanılan çift devrelerin fazlarının manyetik alana etkisi:** Havai hatlarda kullanılan çift devreli sistemlerde devrelerin fazları zıt fazlı ise (untranspose) havai hattın ürettiği manyetik alan azalır. Manyetik alanın devre fazı bağlantısı Şekil 8’de verilmiştir.

## 66 kV’luk Havai Enerji İletim Hattının Meydana Getirdiği Alanlar

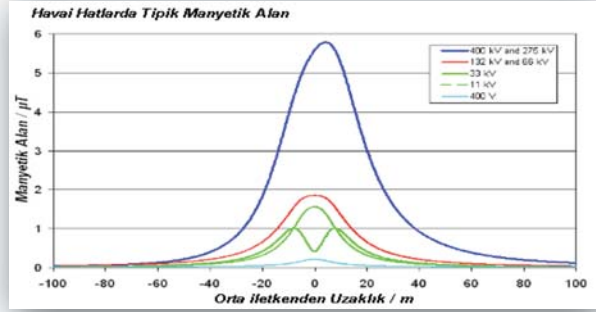
Kıbrıs’ta 66 kV’luk hat kullanılmaktadır. Çok kere 66 kV’da çalışan sistem için 132 kV’luk hat kullanılır. 66 kV’luk sistemde oluşan manyetik alan 132 kV’luk sistemdeki manyetik alanla aynıdır.

## 132 kV’luk Enerji İletim Hattının Meydana Getirdiği Alanlar

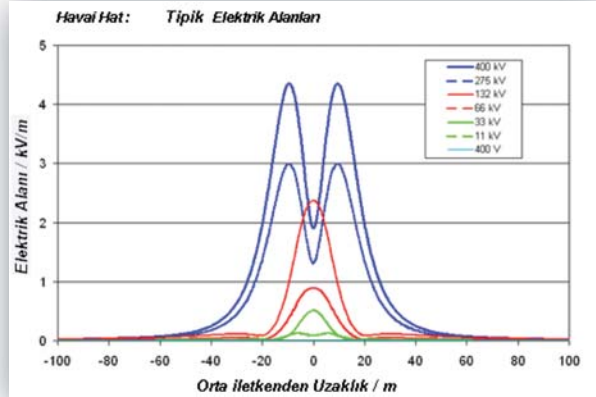
132 kV’luk havai hatlar genelde kafes yapılı çelik direklerle taşınır. Bu direkler 275 kV ve 400 kV’luk sistemlerde kullanılan direklerden daha küçüktürler. Bazen ağaç direklerle de taşınırlar.

### 1- Manyetik Alanlar

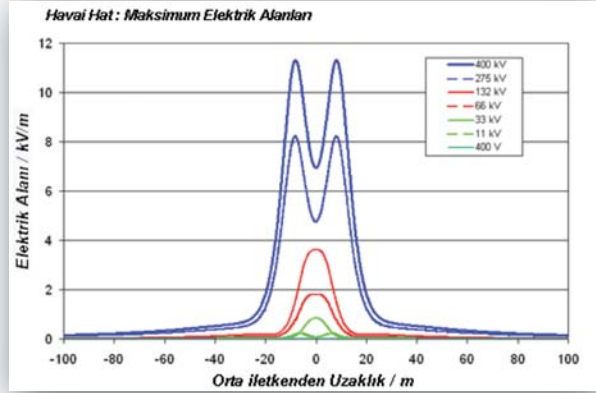
Maksimum alan; her bir devrede 1,4 kA akım akan, zeminden olan en küçük açıklığı 7 m olan L7 direkli sistem tarafından üretilir. Manyetik alan devrelerin faz durumuna da



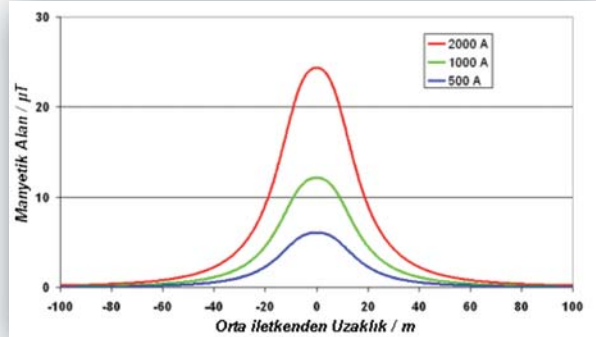
Şekil 2. Havai hatların ürettiği tipik manyetik alanın orta iletkenden itibaren uzaklığa göre değişimi



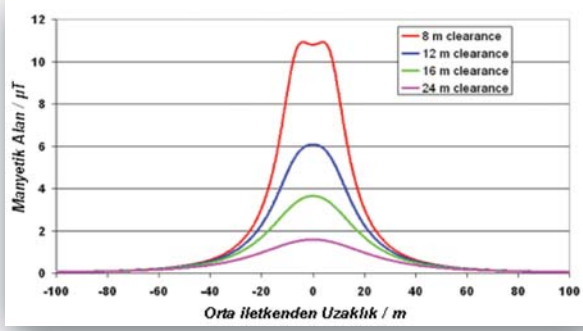
Şekil 3. Havai hatların ürettiği tipik elektrik alanının orta iletkenden itibaren uzaklığa göre değişimi



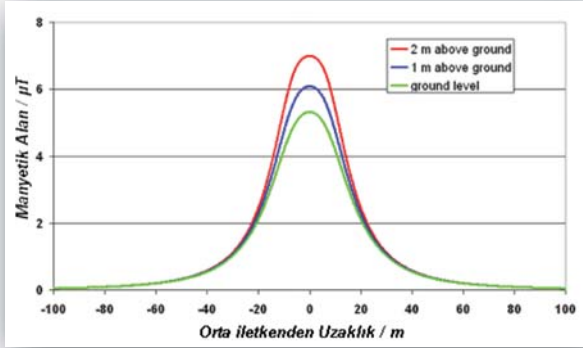
Şekil 4. Havai hatların ürettiği maksimum elektrik alanının orta iletkenden itibaren uzaklığa göre değişimi



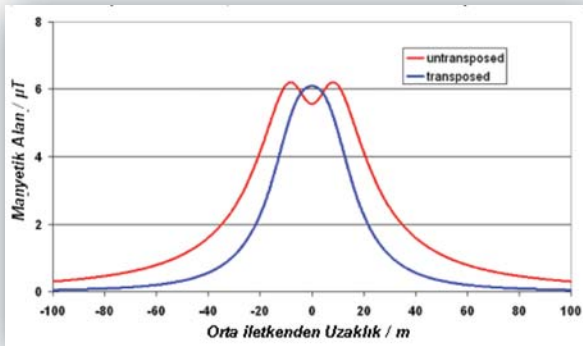
Şekil 5. Manyetik alanın akıma göre değişimi



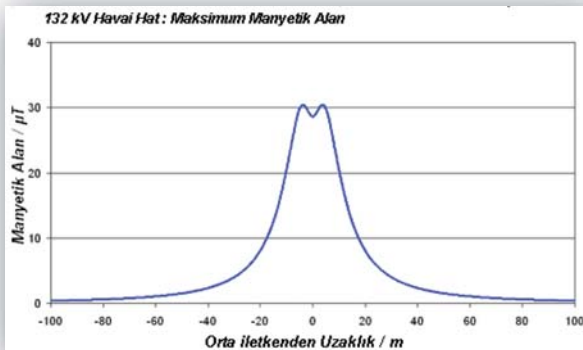
Şekil 6. İletim hattına olan uzaklık ile manyetik alanın değişimi



Şekil 7. Manyetik alanın zeminden olan uzaklıkla değişimi



Şekil 8. Manyetik alanı oluşturan akımların fazı ile manyetik alanın değişimi



Şekil 9. 132 kV' luk sistemin I=1,4 kA için maksimum manyetik alanı

bağlıdır. 132 kV'luk sistemde genelde aynı (U) faz kullanılır. Şekil 9'da 132 kV'luk sistemin I=1,4 kA için maksimum alanı verilmiştir.

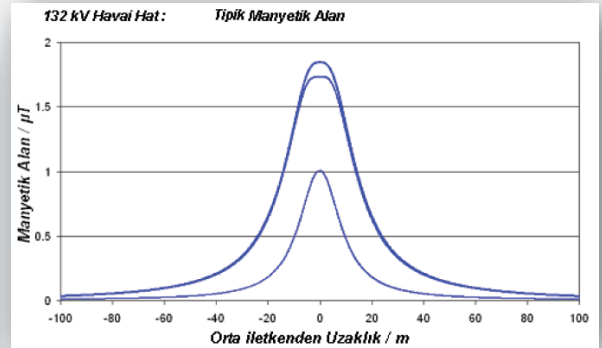
Açıklık, genelde daha yüksek ve yükler (akım) genelde daha düşük olduğu için tipik alanlar, maksimum alandan daha küçüktür. Şekil 10'da normal aynı fazlı ve üç farklı hat tasarımı, tipik yükler için üç eğri verilmiştir. L7'li sistemin manyetik alanı en büyük, küçük kafes direkli (L132) sistemin daha küçük ve ağaç direkli sistemin manyetik alanı en küçüktür.

Çizelge 2'de çeşitli hatlarda, farklı koşullarda merkezden uzaklığa göre manyetik alanın değerleri verilmiştir.

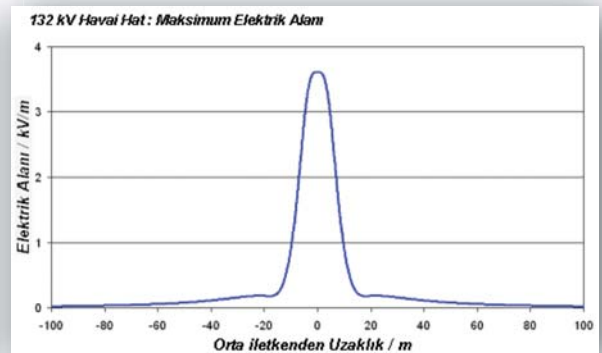
## Elektrik Alanlar

Maksimum alan; zeminden olan en küçük açıklığı 7 m olan L7 direkli sistem tarafından üretilir. Elektrik alan devrelerin faz durumuna da bağlıdır. 132 kV'luk sistemde genelde aynı (U) faz kullanılır. Şekil 11'de 132 kV'luk havai enerji iletim hattının maksimum elektrik alanının değişimi verilmiştir.

Açıklık, genelde daha yüksek olduğu için tipik alanlar, maksimum alandan daha küçüktür.



Şekil 10. L7'li sistemin manyetik alanı en büyük, küçük kafes direkli (L132) sistemin daha küçük ve ağaç direkli sistemin manyetik alanı en küçüktür.

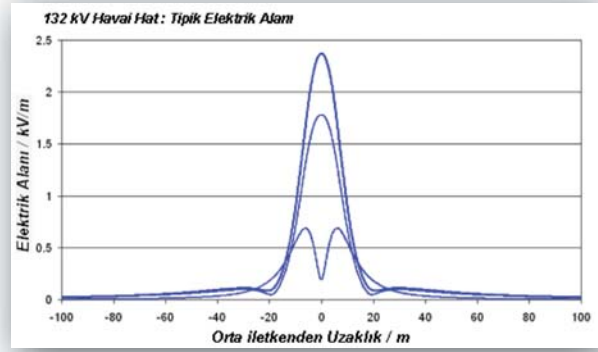


Şekil 11. 132 kV' luk havai enerji iletim hattının maksimum elektrik alanının değişimi

Aynı fazlı (U) ve üç farklı hat için üç farklı eğri verilmiştir. L7'li sistemin elektrik alanı en büyük, küçük kafes direkli (L132) sistemin daha küçük ve ağaç direkli sistemin elektrik alanı en küçüktür. Şekil 12'de 132 kV'luk havai enerji iletim hattının tipik elektrik alan değerleri verilmiştir. 132 kV' luk havai Enerji iletim hattının tipik elektrik alan değerleri. L7 li sistemin elektrik alanı en büyük, küçük kafes direkli (L132) sistemin daha küçük ve ağaç direkli sistemin elektrik alanı en küçüktür.

## Sonuç

1. ELF (oldukça alçak frekans/extremely low frequency) elektrik ve manyetik alan maruziyetin (maruz kalma) kötü etkisini önlemek için temel maruziyet sınırları belirlenmiştir. Maruziyet sınırları uygun bilimsel incelemelere dayanmalıdır. Yalnız ani ve şiddetli kısa süren (akut; acute) etki için yeterli bilimsel çalışmalar gerçekleştirildiğinden, bu etkilere karşı önlem için iki tane uluslararası kılavuz geliştirilmiştir. Bunlar; Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu-ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection),1998a ve IEEE Std C95.6-2002.
2. ICNIRP Kılavuzu'nda elektrik ve manyetik alanların mesleki ve halk için referans değerleri belirtilmiştir.(2) ICNIRP Kılavuzu'na göre ELF elektrik ve manyetik alan maruziyeti halk için sınır değerleri:



Şekil 12. 132 kV'luk havai enerji iletim hattının tipik elektrik alan değerleri.

ELF 50 Hz Manyetik Alan Maruziyeti Halk İçin Sınır Değeri  
100  $\mu$ T

ELF 50 Hz Elektrik Alan Maruziyeti Halk İçin Sınır Değeri  
5000 V/m

ICNIRP Kılavuzu'na göre ELF elektrik ve manyetik alan maruziyeti mesleki sınır değerleri:

ELF 50 Hz Manyetik Alan Maruziyeti Mesleki Sınır Değeri  
500  $\mu$ T

ELF 50 Hz Elektrik Alan Maruziyeti Mesleki Sınır Değeri  
10000 V/m

Çizelge 2- Çeşitli hatlarda, merkezden uzaklığa göre manyetik alanın değerleri

	Hatlar	Direk ve İletken Tipleri	Alanın Büyüklüğü	Koşullar	Manyetik Alan ( $\mu$ T)				
					Merkezden uzaklık (m)				
					Hattın Altında En büyük	10 m	25 m	50 m	100 m
1 3	En Büyük Hat	L7 İkili iletken 0,305 m Lynx	Maksimum	Açıklık 7 m Faz U Yük 1,4/1,4 kA	30,445	20,532	5,553	1,528	0,392
			Tipik	Açıklık 10 m Faz U Yük 0,13/0,13 kA	1.848	1.359	0.468	0.138	0.036
2 k V	Küçük Hat	L132 Tek iletken 0,305 m lynx	Maksimum	Açıklık 7 m Faz U Yük 1,2/1,2 kA	24.585	17.217	4.587	1.247	0.318
			Tipik	Açıklık 10 m Faz U Yük 0,13/0,13 kA	1.731	1.317	0.451	0.132	0.034
	En Küçük Hat, Ağaç Direk	Tridet (3 çatalı) 150 m span (uzunluk) Tek iletken lynx	Maksimum	Açıklık 7 m Tek devre Yük 0,7 kA	12.347	12.347	0.738	0.192	0.048
			Tipik	Açıklık 10 m Tek devre Yük 0,1 kA	1.764	0.385	0.099	0.027	0.007

3. Avrupa Birliği (EU), İngiltere EMF (elektrik ve manyetik alanlar/electric and magnetic fields) ve birçok ülke maruziyet konusunda ICNIRP Kılavuzu'nu benimsemiştir. Bazı ülkeler ICNIRP sınır değerlerini kendi sınır değerleri olarak benimserken, bazı ülkeler ise sınır değerlerini ihtiyatı tedbir politikalarına göre düzenlemiştir.

4. Ekim 2005'de WHO (Dünya Sağlık Örgütü) Bilimsel görev grubunu; 0-100 kHz frekans aralığındaki ELF elektrik ve manyetik alanların maruziyetinin sağlığa olacak herhangi bir riskini değerlendirmek üzere topladı. Bu görev grubunun görüşleri ve tavsiyeleri WHO EHC, Vol. 238'de sunulmuştur.

a) Ani ve şiddetli, kısa süren etki için yeterli bilimsel çalışmalar gerçekleştirildiği halde; ELF manyetik alan maruziyeti ve çocuk kanseri (lösemi) arasındaki delillerin sınırlı olmasından dolayı uzun süreli etkinin varlığında belirsizlik vardır. Bundan dolayı tedbirli yaklaşımların kullanımı daha uygundur. Bununla birlikte, tedbir adına kılavuzlardaki maruziyet sınır değerlerinin rastgele bir seviyeye azaltılması önerilmemektedir. Bu uygulama, sınırlamalara dayalı bilimsel görüşleri zayıflatır ve olası pahalıdır ve önlemeyi sağlayan muhakkak etkili yol değildir.

b) Maruziyeti azaltmak için diğer uygun tedbir (önlem) işlemlerin gerçekleştirilmesi kabul edilebilir ve faydalıdır. Bununla birlikte elektrik enerjisi açıkça; sağlıksal, sosyal ve ekonomik faydalar getirmektedir ve tedbirli yaklaşımlar bu faydaları azaltmamalıdır.

Ayrıca, hem ELF manyetik alan maruziyeti ve çocuk kanseri arasındaki bağlantı (ilişki) ve hem de bu bağlantı var ise bunun halk sağlığı üzerindeki sınırlı etkisi için verilen delillerin zayıflığından dolayı; sağlıktaki maruziyet azaltımının faydası açık değildir. Tedbir önlemlerinin maliyeti az olmalıdır. Maruziyet azaltmasının gerçekleştirilmesinin maliyeti ülkeden ülkeye değişmektedir. ELF alanından gelen risk potansiyeline karşı maliyeti dengelemek için genel bir tavsiye sağlamak zordur.

c) Var olan ELF kaynakları değiştiğinde ELF alanlarının azaltılması ile birlikte güvenlik, güvenebilirlik (görevini yeterli bir şekilde yerine getirebilme yeteneği) ve ekonomik çözümler düşünülmelidir.

d) ELF manyetik alan maruziyetinin genel halk için değeri; uluslararası maruziyet kılavuzlarındaki değerden genelde oldukça küçüktür. Bununla birlikte halkın ilgisi, düşük seviye çevresel maruziyetin neden olduğu muhtemel uzun süreli etkiye odaklanmıştır. ELF manyetik alanlar muhtemelen kanserojen olarak sınıflandırıldığından (kahve, benzinli makine egzoz gazı da) muhtemelen kanserojen olarak sınıflandırılan bu grubun içindedir.

5. ELF alan maruziyetinin sağlık üzerine etkisinin, bilimsel delillerindeki belirsizliğinden kaynaklanan endişeleri azaltmak üzere bazı önlemler alınmaktadır. Bu önlemlerin bazılarını yasal olarak uyulması zorunludur. Diğerleri ise gönüllülük temeline dayalı kılavuzlardır. (WHO-ELF F Environmental Health Criteria, Vol. 238. Geneva, WHO, 2007, Table 85 pp. 364.)

Bu yaklaşımlarda ELF manyetik alan maruziyet sınır değerleri düşürülmüş ve bu uygulamanın yeni sistemlere uygulanacağı belirtilmiştir. (Bu yaklaşımlar mevcut enerji hatlarının yakınındaki yeni yapılar veya mevcut yapılarının yakınındaki yeni enerji hatları içindir.)

6. a) 132 kV'luk enerji iletim hattının St. Hilarion yolu Girne, Boğaz Piknik alanında, 8 Mayıs 2008 tarihinde yapılan 50 Hz EM ışınım ölçümünde en büyük değerler, I=125 A yükte

ELF 50 Hz Manyetik Alan Değeri 0,752  $\mu$ T

ELF 50 Hz Elektrik Alan Değeri 1800 V/m

olarak ölçülmüştür.

b) Gazimağusa Yeni Boğaziçi Köyü'nden geçen 66 kV'luk enerji iletim hattının, 9 Mayıs 2008 tarihindeki, I=150 A yükte 50 Hz EM ışınım ölçümlerinde en büyük ölçüm değerleri (I=150 A) aşağıda verilmiştir.

ELF 50 Hz Manyetik Alan Değeri 1,025  $\mu$ T

ELF 50 Hz Elektrik Alan Değeri 480 V/m

ELF 50 Hz Manyetik Alan Değeri 1,380  $\mu$ T

ELF 50 Hz Elektrik Alan Değeri 390 V/m

İkinci ölçüm değerinde yapının enerji iletim hattına çok yakın olduğu gözlenmiştir.

Bu ölçüm değerleri ICNIRP manyetik ve elektrik alanların halk için sınır değeri olan 100  $\mu$ T ve 5000 V/m değerlerinin altındadır.

7. ELF elektrik ve manyetik alan maruziyeti konusunda halkın bilgilendirilmesi önerilir.

8. Ani ve şiddetli, kısa süren etki için yeterli bilimsel çalışmalar gerçekleştirildiği halde; ELF manyetik alan maruziyeti ve çocuk kanseri (lösemi) arasındaki delillerin sınırlı olmasından dolayı uzun süreli etkinin varlığında belirsizlik vardır. Bilimsel kanıtlar ortaya çıktıkça; ELF elektrik ve manyetik alan maruziyet sınır değerleri azaltılmalıdır.

9. ICNIRP ELF elektrik ve manyetik alan maruziyeti halk için sınır değerleri 100  $\mu$ T olmasına rağmen tedbir (ihtiyatı tedbir) olarak; yeni yapılacak elektriksel tesislerin, tesislere olan uzaklığın manyetik alanın ortalama değerinin 20  $\mu$ T ve yerleşim merkezlerinde 10  $\mu$ T olacak şekilde gerçekleştirilmesi önerilir. ◀