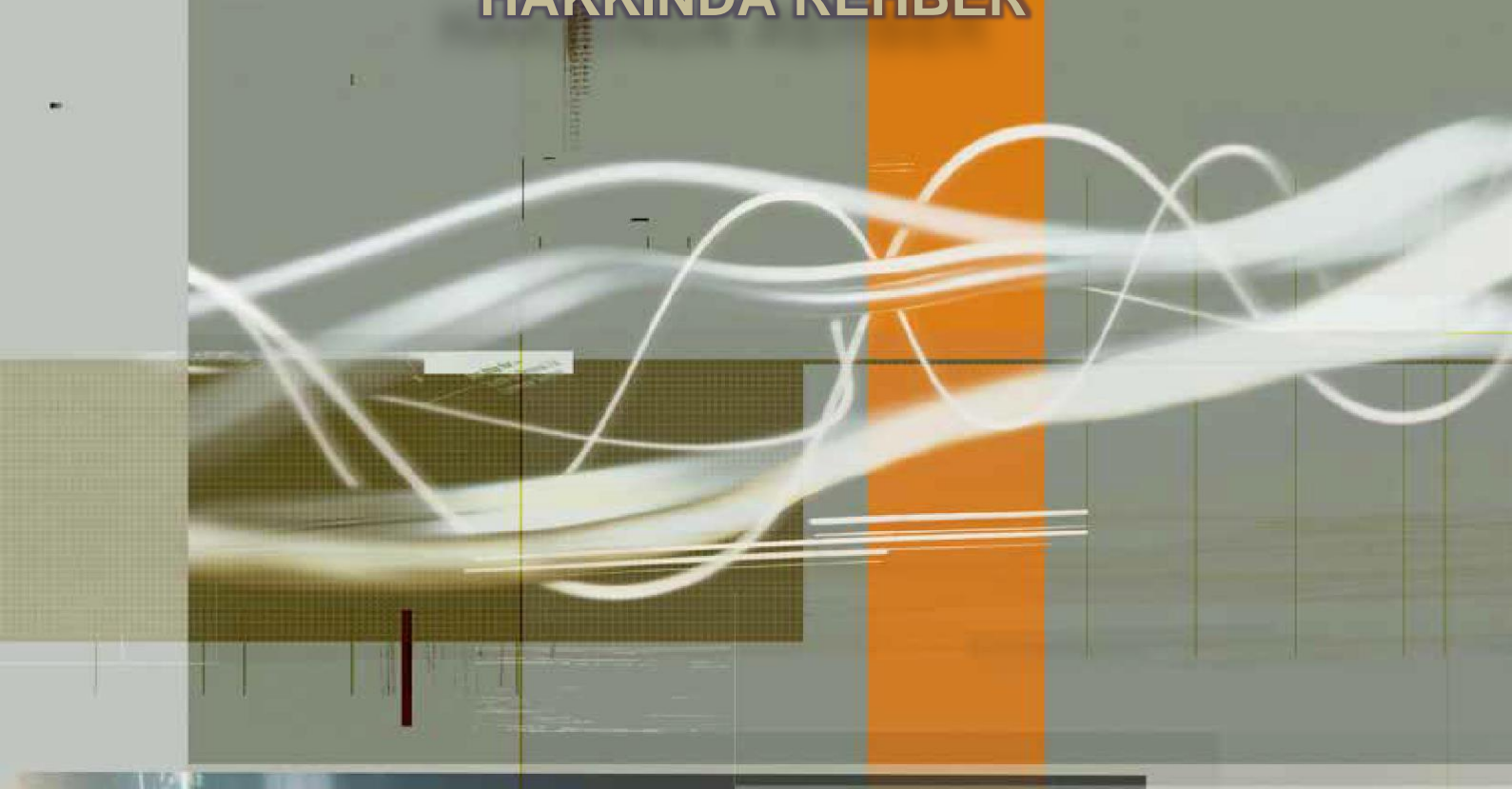




**T.C. ÇALIŞMA VE  
SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI**  
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

# ELEKTROMANYETİK ALAN ÜRETEK KAYNAKLAR İLE ÇALIŞMALARIN YAPILDIĞI SEKTÖRLER, İŞ SÜREÇLERİ ve ALINABİLECEK TEDBİRLER HAKKINDA REHBER



**SERİ III: VAKA ÇALIŞMALARINI**

Bu yayın İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü tarafından, Avrupa Komisyonunun yayınladığı **“Non-binding guide to good practice for implementing directive 2013/35/EU electromagnetic fields\_volume 2: case studies”** rehberi esas alınarak hazırlanmıştır. Mevzuat hükümleri yerine geçmez ve kurumu bağlayıcı görüş içermez. Bu yayında yer alan bilgilerin kullanımından kaynaklanacak herhangi bir durum için Bakanlık ya da Bakanlık adına görevlendirilen kişiler sorumlu tutulamaz. Telif hakkı Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'na ait olup, kaynak gösterilerek kullanılabilir.

### **Yayına Hazırlayan**

Mevzuat Dairesi Başkanlığı

### **Yayınlayan**

T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı

İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü (İSGGM)

2021

## VAKA ÇALIŞMALARI

Bu rehber, işverenlere yol gösterici olması amacıyla vaka çalışmalarını içermekte olup Avrupa Birliği'nin 2013/35/EU sayılı Çalışanların Fiziksel Etkenlerden (Elektromanyetik Alanlardan) Kaynaklanan Risklere Maruziyetleri ile İlgili Asgari Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Direktifinin uygulanmasına yönelik bağlayıcı olmayan iyi uygulama rehberlerinin üçüncü cildini oluşturmaktadır. Bu yayının, "Elektromanyetik Alan Üreten Kaynaklar ile Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Rehberi – Seri II" ile birlikte okunması yararlanımı arttıracaktır.

İyi uygulama örneklerini içeren bu rehberde yer alan vaka çalışmaları, farklı sektörlerdeki küçük ve orta ölçekli işletmeler için geliştirilmiş olup çalışmalar, iş ortamındaki gerçek değerlendirmelere dayanmaktadır. Örnek vaka çalışmaları ile elektromanyetik alanlara maruziyet nedeniyle ortaya çıkabilecek riskleri yönetmek için işverenler tarafından uygulanabilecek çeşitli pratik yaklaşımları göstermek amaçlanmıştır. Bununla birlikte, bazı değerlendirmeler karmaşık olduğundan okuyucu için daha anlaşılır hale getirmek amacıyla basitleştirilmiş veya özetlenmiştir. Vaka çalışmalarından bazıları, ekipman etrafında ölçülen (veya hesaplanan) alanların şematik planlarını gösteren kontur çizimlerini, bazıları ise alanın insan vücudunda nerelerde etkili olduğu gösteren şematik gösterimleri içermektedir.

Bu rehberde yer alan vaka çalışmaları; aşağıdaki sektörler, çalışma ortamları, iş süreçleri veya ekipmanları içermektedir:

1. Ofisler
2. Nükleer Manyetik Rezonans (NMR) Spektrometre
3. Elektroliz
4. Medikal
5. Mühendislik Atölyesi
6. Otomotiv
7. Kaynak
8. Metalurjik İmalat
9. Radyo-frekans (RF) Plazma Cihazları
10. Çatı Antenleri
11. Telsizler
12. Havalimanları

# İçindekiler Tablosu

KISALTMALAR .....	vii
1. OFİSLER .....	1
1.1. Çalışma Ortamı .....	1
1.2. İşin Niteliği .....	1
1.3. Maruziyet Değerlendirmesi Yaklaşımı .....	1
1.4. Maruziyet Değerlendirmesinin Sonuçları .....	2
1.5. Risk Değerlendirmesi .....	2
1.6. Mevcut Önlemler .....	3
1.7. Değerlendirme Sonucunda Alınabilecek İlave Önlemler .....	3
2. NÜKLEER MANYETİK REZONANS (NMR) SPEKTROMETRE .....	4
2.1. İşyeri .....	4
2.2. İşin Niteliği .....	4
2.3. EMA' ya Neden Olan Ekipman Hakkında Bilgi .....	4
2.4. Maruziyet Değerlendirmesi Yaklaşımı .....	5
2.5. Maruziyet Değerlendirmesinin Sonuçları .....	6
2.6. Risk Değerlendirmesi .....	6
2.7. Mevcut Önlemler .....	7
2.8. Değerlendirme Sonucunda Alınabilecek İlave Önlemler .....	9
3. ELEKTROLİZ .....	9
3.1. İşyeri .....	9
3.2. İşin Niteliği .....	9
3.3. EMA' ya Neden Olan Ekipman Hakkında Bilgi .....	9
3.4. Uygulama Nasıl Kullanılır? .....	12
3.5. Maruziyet Değerlendirmesi Yaklaşımı .....	12
3.6. Maruziyet Değerlendirmesinin Sonuçları .....	14
3.7. Risk Değerlendirmesi .....	21
3.8. Mevcut Önlemler .....	22
3.9. Değerlendirme Sonucunda Alınabilecek İlave Önlemler .....	22
4. MEDİKAL .....	22
4.1. İşyeri .....	22
4.2. İşin Niteliği .....	22
4.3. EMA' ya Neden Olan Ekipman Hakkında Bilgi .....	23
4.4. Uygulama Nasıl Kullanılır? .....	24
4.5. Maruziyet Değerlendirmesi Yaklaşımı .....	25
4.6. Maruziyet Değerlendirmesinin Sonuçları .....	26
4.7. Risk Değerlendirmesi .....	33

4.8.	Mevcut Önlemler .....	36
4.9.	Değerlendirme Sonucunda Alınabilecek İlave Önlemler .....	36
5.	MÜHENDİSLİK ATÖLYESİ .....	37
5.1.	İşyeri .....	37
5.2.	İşin Niteliği .....	37
5.3.	Uygulama Nasıl Kullanılır.....	37
5.4.	EMA' ya Neden Olan Ekipman Hakkında Bilgi .....	39
5.5.	Maruziyet Değerlendirmesi Yaklaşımı .....	40
5.6.	Maruziyet Değerlendirmesinin Sonuçları .....	40
5.7.	Risk Değerlendirmesi .....	44
5.8.	Mevcut Önlemler .....	49
5.9.	Değerlendirme Sonucunda Alınabilecek İlave Önlemler .....	49
5.10.	Daha Fazla Bilgi .....	51
6.	OTOMOTİV .....	52
6.1.	İşyeri .....	52
6.2.	İşin Niteliği .....	52
6.3.	Uygulama Nasıl Kullanılır.....	53
6.4.	EMA' ya Neden Olan Ekipman Hakkında Bilgi .....	54
6.5.	Maruziyet Değerlendirmesi Yaklaşımı .....	56
6.6.	Maruziyet Değerlendirmesinin Sonuçları .....	57
6.7.	Maruziyet Değerlendirmelerinin Sonuçları .....	60
6.8.	Risk Değerlendirmesi .....	61
6.9.	Mevcut önlemler .....	62
6.10.	Değerlendirmeler Sonucunda Alınabilecek İlave Önlemler .....	63
6.11.	Araç İmalatında Punta Kaynak Makineleri .....	64
7.	KAYNAK .....	72
7.1.	İşyeri .....	72
7.2.	İşin Niteliği .....	72
7.3.	EMA'ya Neden Olan Ekipman Hakkında Bilgi .....	72
7.4.	Uygulama Nasıl Kullanılır.....	73
7.5.	Maruziyet Değerlendirmesi Yaklaşımı .....	74
7.6.	Maruziyet Değerlendirmesinin Sonuçları .....	74
7.7.	Risk Değerlendirmesi .....	78
7.8.	Mevcut Önlemler .....	83
7.9.	Değerlendirme Sonucunda Alınabilecek İlave Önlemler .....	83
7.10.	Daha Fazla Bilgi .....	83
8.	METALURJİK İMALAT .....	86

8.1.	İşyeri .....	86
8.2.	İşin Niteliği .....	86
8.3.	EMA' ya Neden Olan Ekipman ve Nasıl Kullanıldığı Hakkında Bilgi .....	87
8.4.	Maruziyet Değerlendirmesi Yaklaşımı .....	89
8.5.	Maruziyet Değerlendirmesinin Sonuçları .....	90
8.6.	Risk Değerlendirmesi .....	94
8.7.	Mevcut Önlemler .....	96
8.8.	Değerlendirme Sonucunda Alınabilecek İlave Önlemler .....	96
8.9.	Ek Bilgi .....	97
9.	RADYOFREKANS (RF) PLAZMA CİHAZLARI .....	99
9.1.	İşin Niteliği .....	99
9.2.	EMA' ya Neden Olan Ekipman Hakkında Bilgi .....	100
9.3.	Uygulama Nasıl Kullanılır .....	100
9.4.	Maruziyet Değerlendirmesi Yaklaşımı .....	101
9.5.	Maruziyet Değerlendirmesi Sonuçları .....	102
9.6.	Risk Değerlendirmesi .....	103
9.7.	Mevcut Önlemler .....	104
9.8.	Değerlendirme Sonucunda Alınabilecek İlave Önlemler .....	105
9.9.	Daha Fazla Bilgi .....	106
10.	ÇATI ANTENLERİ .....	106
10.1.	İşyeri .....	106
10.2.	İşin Niteliği .....	107
10.3.	EMA' ya Neden Olan Ekipman Hakkında Bilgi .....	107
10.4.	Uygulama Nasıl Kullanılır .....	109
10.5.	Maruziyet Değerlendirmesi Yaklaşımı .....	109
10.6.	Maruziyet Değerlendirmesinin Sonuçları .....	110
10.7.	Risk Değerlendirmesi .....	111
10.8.	Mevcut Önlemler .....	113
10.9.	Değerlendirme Sonucunda Alınabilecek İlave Önlemler .....	113
11.	TELSİZLER .....	114
11.1.	İşyeri .....	114
11.2.	İşin Niteliği .....	114
11.3.	Uygulama Nasıl Kullanılır .....	116
11.4.	Maruziyet Değerlendirmesi Yaklaşımı .....	116
11.5.	Maruziyet Değerlendirmesinin Sonuçları .....	116
11.6.	Risk Değerlendirmesi .....	116
11.7.	Mevcut Önlemler .....	117

11.8. Değerlendirme Sonucunda Alınabilecek İlave Önlemler .....	117
12. HAVALİMANLARI.....	117
12.1. İşyeri .....	117
12.2. İşin Niteliği .....	117
12.3. EMA' ya Neden Olan Ekipman Hakkında Bilgi .....	118
12.4. Uygulama Nasıl Kullanılır.....	119
12.5. Maruziyet Değerlendirmesi Yaklaşımı.....	119
12.6. Maruziyet Değerlendirmesinden Elde Edilen Sonuçlar .....	121
12.7. Risk Değerlendirmesi .....	123
12.8. Mevcut Önlemler .....	127
12.9. Değerlendirme Sonucunda Alınabilecek İlave Önlemler .....	128

## KISALTMALAR

AIMD (Active Implanted Medical Device): Vücuda yerleşik aktif tıbbi cihaz

DC: Doğru Akım

DECT: Dijital Güçlendirilmiş Kablosuz Haberleşme

DME: Mesafe Ölçüm Cihazı

ED: Eylem Değeri

EMA: Elektromanyetik Alanlar

EMA DİREKTİFİ: 2013/35/EU sayılı “Çalışanların Fiziksel Etkenlerden (Elektromanyetik Alanlar) Kaynaklanan Risklere Maruziyetleri ile İlgili Asgari Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Direktif

ICNIRP: Uluslararası İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu

LAN: Yerel Ağ Bağlantısı

MPI: Manyetik Parçacık Kontrolü

MRI: Manyetik Rezonans Görüntüleme

MSD: Maruziyet Sınır Değeri

NDB: Yön Bilgisi Vermeyen Verici İstasyonu

NMR: Nükleer Manyetik Rezonans

OiRA (Online Interactive Risk Assessment Tool): Avrupa İş Sağlığı ve Güvenliği Ajansı'nın çevrimiçi interaktif risk değerlendirme aracı

PVD: Fiziksel Buhar Biriktirme

RF: Radyo-frekans

RFID: Radyo Frekansı ile Tanımlama Teknolojisi

RS: Referans Seviyesi

SA: Özgül Soğurma

SAR: Özgül Soğurma Oranı

TMS: Transkraniyal Manyetik Uyarım

UPS: Kesintisiz Güç Kaynağı

VIP: Tek Değişkenli Endüktif Güç

WiFi: Kablosuz Bağlantı Alanı



# 1. OFİSLER

## 1.1. Çalışma Ortamı

Bu vaka çalışmasında, orta ölçekli bir mühendislik şirketi içerisindeki ofisler ele alınmıştır. Ofisler, şebeke elektriğiyle çalışan normal elektrikli ofis ekipmanlarını içermektedir. Ofiste kullanılan bilgisayarlar; yerel ağa bağlı (LAN) masaüstü bilgisayarlar ile WiFi sistemi ve ağ sunucusu kullanan dizüstü bilgisayarlardan ibarettir. Ofislerde ayrıca, çalışanların kullanımı için küçük bir de mutfak mevcuttur. Mutfakta kullanılan elektrikli ekipmanlar; su ısıtıcısı, buzdolabı ve mikrodalga fırındır. Ofiste ayrıca, ayrı bir oda içinde bulunan büyük bir merkezi ağ sunucusu da vardır. Ofis alanı, her ofis çalışanın bir erişim belirtecinin bulunduğu bir radyo frekansı tanımlama (RFID) erişim kontrol sistemi kullanılarak korunmaktadır.

## 1.2. İşin Niteliği

Ofis çalışanları, zamanlarının çoğunu bilgisayarlarda çalışarak ve kablosuz haberleşme cihazları (DECT) ve cep telefonları ile telefon görüşmeleri yaparak geçirmektedir. Çalışanların boyunlarında asılı bulunan isimliklerde yer alan erişim belirteçleri, RFID kapı kilitlerine yaklaştırıldığında ofislere erişime izin verir. Tüm çalışanlar, mikrodalga fırın ile sıcak içecekler hazırlamak ve yemekleri ısıtmak için mutfağı kullanmaktadır. Bu elektromanyetik alan kaynaklarından bazıları Şekil 1.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Ofis ortamındaki elektromanyetik alan kaynakları

## 1.3. Maruziyet Değerlendirmesi Yaklaşımı

Elektromanyetik alanlar için maruziyet değerlendirmesinde ofisin yöneticisi, çalışma ortamında elektromanyetik alan oluşturanlar da dahil olmak üzere elektrik kullanan tüm ekipmanları not eder ve hiçbir ögenin kaçırılmaması için çalışanlar ile de görüşür. “Elektromanyetik Alan Üreten Kaynaklar ile Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Rehberi – Seri II”nin ilk bölümünü okuduktan sonra, riskleri değerlendirmek için en iyi yaklaşımın; tanımlanan ekipmanlar/öğelerin, sözü edilen Rehberin 1. Bölümünde verilen Tablo 1.2.’de yer alıp almadığını kontrol etmek olduğunu görür. Çalışma ortamında bulunan ancak bu tabloda listelenmemiş olan herhangi bir ekipman/öge hakkında daha fazla

değerlendirme yapılması gerekebilir. Elektromanyetik Alan Üreten Kaynaklar ile Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Rehberi – Seri II, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü Web Sitesi Yayınlar Ana Menüsü / Rehberler altında yer almaktadır. (<https://ailevecalisma.gov.tr/isggm/hizmetlerimiz/yayinlar/>).

#### 1.4. Maruziyet Değerlendirmesinin Sonuçları

Ofisin yöneticisi, tüm elektrikli ekipmanları Tablo 1.1.’ de aşağıdaki gibi listeler ve hepsinin, “Elektromanyetik Alan Üreten Kaynaklar ile Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Rehberi – Seri II”nin 1. Bölümünde verilen Tablo 1.2.’ de yer aldığını görür.

**Tablo 1.1.** Ofis alanındaki elektrikli ekipmanların listesi

Ekipman/öge	Herhangi bir çalışan için düşük risk	Vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazı veya vücuda takılan tıbbi cihazları bulunan çalışanlar için değerlendirme gerekli	Yorumlar
Bilgisayarlar	✓		
UPS ve ağ kablolarıyla ilişkili ağ sunucusu	✓		UPS’in çıkışı, normal bir güç kaynağına benzer olmalı
Dizüstü bilgisayarlar (Wi-Fi etkin)		✓	
Kablosuz (DECT) telefonlar		✓	
Şebeke elektrik kabloları	✓		
Cep telefonları		✓	
Fotokopi makinesi	✓		
Kablosuz erişim hub'ları		✓	
Su ısıtıcısı	✓		
Buzdolabı	✓		
Mikrodalga fırın	✓		Bakımı yapılmış olmalı
RFID güvenlik erişimi		✓	

#### 1.5. Risk Değerlendirmesi

Risk değerlendirmesinin sonuçları; “Elektromanyetik Alan Üreten Kaynaklar ile Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Rehberi – Seri II”nin 1. Bölümündeki Tablo 1.2.’ de detayları verilen ofis ekipmanlarının kullanımının, EMA Direktifinde belirtilen ilgili sağlık etkili maruziyet sınır değerlerin aşılmadığını ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, söz konusu Tablo 1.2.’ de verilen diğer ekipmanların, çalışanlarda; vücuda yerleşik aktif tıbbi cihaz veya vücuda bağlı tıbbi cihaz bulunuyor

ise bunlar ile etkileşime neden olma olasılığı bulunmaktadır. Ofis genelinde gerçekleştirilecek risk değerlendirmesine, elektromanyetik alanlar özelinde ilave edilebilecek hususlar aşağıda yer alan Tablo 1.2.'de gösterilmektedir.

**Tablo 1.2.** Ofisler için risk değerlendirmesine, elektromanyetik alanlara özel ilaveler

Tehlikeler	Mevcut koruyucu ve önleyici tedbirler	Risk altındaki çalışanlar	Şiddet			Olabilirlik			Risk Derecesi	İlave koruyucu ve önleyici tedbirler
			Düşük	Ciddi	Ölümçül	Beklenmedik	Olası	Mümkün		
Mikrodalga fırından EMA radyasyonu	Kapı contaları, pencere ızgaraları ve kilitlerin sağlamlık kontrolleri de dahil olmak üzere fırının genel durumu ile ilgili periyodik kontroller	Tüm çalışanlar	✓			✓			Düşük	Gerekli değil
EMA radyasyonunun, vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazlarla (AIMD'ler) veya vücuda bağlı tıbbi cihazlarla etkileşimi	Yok	Özel risk altındaki çalışanlar		✓		✓			Düşük	Elektrikli tıbbi ekipmanı veya cihazları bulunan çalışanların, işe dönüşlerinde, işyeri hekimi tarafından önerilen tedbirlerin tanımlanabileceği bireysel bir risk değerlendirmesine tabi tutulduğundan emin olunmalıdır.  Tüm yeni ekipmanların değerlendirilmesi gerekir.

### 1.6. Mevcut Önlemler

Mikrodalga fırının genel durumuna ilişkin periyodik kontroller, ofisin iş sağlığı ve güvenliğine yönelik rutin gözden geçirmesi sırasında yapılmaktadır.

### 1.7. Değerlendirme Sonucunda Alınabilecek İlave Önlemler

Değerlendirme sonrasında ofis yöneticisi, aşağıdakiler gibi birkaç basit ilave önlem daha uygulamaya

koyabilir:

- İşyerine, farklı türde herhangi bir yeni ekipman alındığında, risk değerlendirmesinin sonucunu değiştirip değiştirmediğini görmek için EMA Direktifi kapsamında gözden geçirilmesi,
- Vücuda yerleşik aktif tıbbi bir cihazı nedeniyle özel risk altında olduğunu bildiren herhangi bir ofis çalışanı için ofis yöneticisi, bu çalışanların özel sağlık durumları hakkında bakımlarından sorumlu hekim tarafından sağlanan bilgilerin gözden geçirilmesini sağlamalıdır.

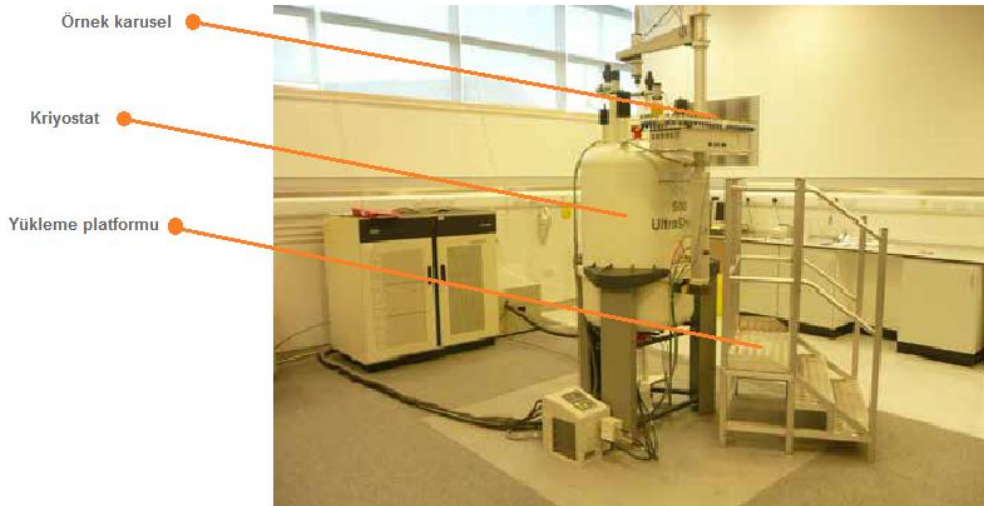
## 2. NÜKLEER MANYETİK REZONANS (NMR) SPEKTROMETRE

### 2.1. İşyeri

Nükleer manyetik rezonans (NMR) spektrometreleri, güçlü statik manyetik alanlar nedeniyle tehlike oluşturabilir. Bunlar, örneğin imalat sanayiinde kimyasal bileşiklerin analizi için malzemelerin özelliklerini araştırmada kullanılmaktadır. Bu vaka çalışması, bir ilaç şirketindeki özel spektroskopi laboratuvarında bulunan NMR ünitesini ele almıştır. İşletmenin, yeni bir ünite daha satın alma planı olup işletmenin iş güvenliği sorumlusu bu planı geliştirmeden önce risk değerlendirmesini gözden geçirmek istemektedir.

### 2.2. İşin Niteliği

Analiz edilecek materyalin küçük numuneleri, elle veya bir karusel yoluyla otomatik olarak partiler halinde NMR ünitesinin dikey deliğine yüklenmektedir (Şekil 2.1.).



Şekil 2.1. Örnek karuseli ve yükleme platformu ile birlikte NMR ünitesi

### 2.3. EMA' ya Neden Olan Ekipman Hakkında Bilgi

İşletmenin iş güvenliği sorumlusu, incelemesi kapsamında NMR üniteleri hakkında genel bilgi toplayarak aşağıdakileri not etmiştir:

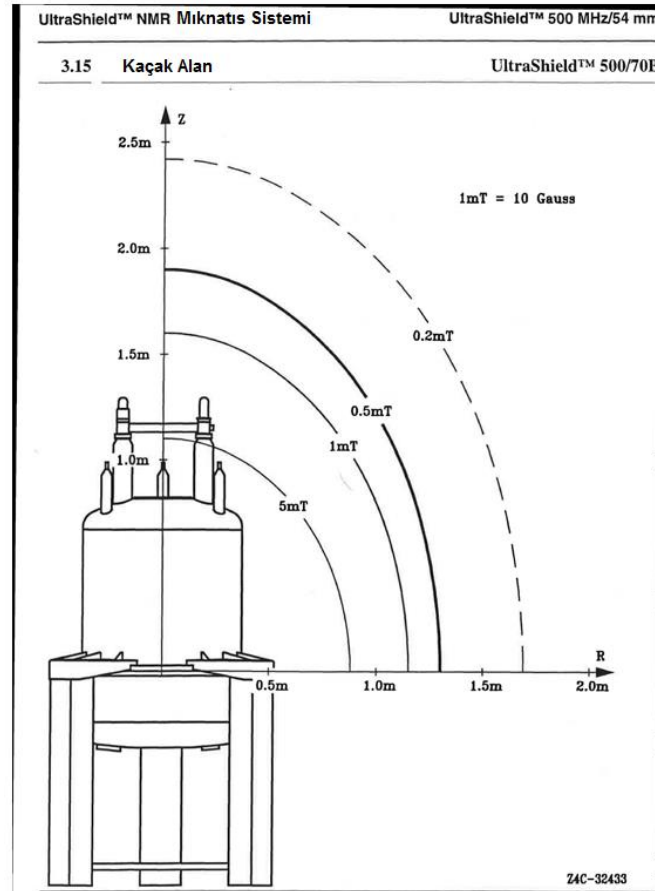
- Elektromıknatıs güçlü bir statik (0 Hz) manyetik alan üretir; akı yoğunlukları, üniteye bağlı

olarak yaklaşık 0,5 ila 20 T arasında değişmektedir. Küçük, tezgah üstü üniteler, sabit nadir toprak mıknatısları kullanırken büyük bağımsız üniteler, süper iletken mıknatıslar kullanmaktadır (Nadir toprak mıknatısları, nadir toprak elementlerinin alaşımlarından yapılmış güçlü sabit mıknatıslardır.) Alanın kararlılığını artırmak için mıknatıs uzun süre tam enerjili kalır ve çalışanlar yaklaştığında alan kuvvetini azaltmak mümkün değildir.

- Üreticiler, erişim alanı içerisinde çalışanın maruz kalabileceği statik manyetik alanın gücünü azaltmak için bütünleşik pasif ve aktif kalkanlama yoluyla ünitelerinin tasarımını giderek geliştirmiştir. Böylece, tehlikeli manyetik alanı neredeyse tamamen kriyostat sınırları içinde tutmak mümkün olabilir. Daha eski veya iyi kalkanlanmamış ünitelerde tehlikeli manyetik alan, çalışma alanı içerisinde birkaç metre yayılabilmektedir.
- Bu dış manyetik alanlar, binadaki çelik yapılar (örneğin kirişler) tarafından saptırılarak bina içerisine kanalize edilme eğilimindedir.

## 2.4. Maruziyet Değerlendirmesi Yaklaşımı

İşletmenin iş güvenliği sorumlusu, yeni ünitenin imalatçısından, çalışanların erişebileceği alandaki statik manyetik alanın gücü hakkında bilgi alabileceğini düşünmüştür. Üretici, elektromanyetik alan içindeki ferromanyetik nesnelerin itme riski veya tıbbi elektronik ekipman ve cihazlarla etkileşim gibi dolaylı etkilerden kaynaklanan tehlikelerin boyutu ile ilgili de kullanıcıya bilgi sağlayabilmiştir. Ayrıca üretici, ünitenin etrafındaki kaçak statik manyetik alana ilişkin bir harita da kullanıcı ile paylaşabilmiştir (Şekil 2.2.).



Şekil 2.2. NMR ünitesi etrafındaki kaçak statik manyetik alanın haritası

İşletmenin iş güvenliği sorumlusu, uygun bir manyetometre ile ünite etrafındaki statik manyetik alan kuvvetinin değerlendirilmesinin mümkün olabileceğini, izotropik (üç eksenli) bir prob (başlık) ile güvenilir bir sonuç elde etmenin, tek eksenli bir probdan çok daha kolay olduğunu öğrenmişti. Bununla birlikte, bu yaklaşım zaman ve para yatırımı gerektirecek olup özellikle cihaz metal kaplıysa ölçümler sırasında oluşabilecek tehlikeleri de dikkate almayı gerektirecektir. Sonuç olarak iş güvenliği sorumlusu, üreticiden alacağı bilgilere ilave olarak çalışma ortamında ölçümler yapmaya karar vermiştir.

İş güvenliği sorumlusu ayrıca hangi çalışan gruplarının NMR laboratuvarına erişim yetkisi bulunduğunu ve yürüttükleri görevleri de dikkate almıştır. NMR ünite üreticilerinin servis mühendislerinin, örneğin spektrometre ayarlama işlemleri için kriyostat tabanına erişim gibi mesleği gereği yüksek güçlü alanlara girme yetkisi mevcuttur. Ancak kendi servis mühendislerinin bu alanlara girmesi hususunda üretici şirket, işletmeden yazılı bir risk değerlendirmesi ve güvenlik prosedürü sağlamasını talep ettiğini belirtmiştir. Bu şekilde, mühendislerinin çalışmalarıyla ilişkili riskleri düşük olarak değerlendirmiştir. Bununla birlikte temizlik çalışanlarının bu laboratuvarlara erişimine izin verilmeyeceğini de not etmiştir.

## 2.5. Maruziyet Değerlendirmesinin Sonuçları

NMR Laboratuvarındaki mevcut ünitelerin gözden geçirilmesinden sonra, iş güvenliği sorumlusu, tasarıma ve özellikle kalkanlamaya bağlı olarak tehlike mesafesinde önemli farklılıklar olabileceğini fark etmiştir. Daha yüksek alan gücünde tehlike mesafesi, kalkanlamasız üniteler için birkaç metre olabileceken modern ve iyi kalkanlanmış üniteler için pratik olarak sıfır olabilir. Bununla birlikte, şirket çalışanlarının erişim yetkisinin bulunduğu alanlarda, alan gücünün doğrudan etkiler için maruziyet sınır değerlerini aşması beklenmemiştir. Her ne kadar radyo-frekans yükselticiden önemli bir güç çıkışı olsa da radyo-frekans alanı tam olarak ünite içinde yer aldığından ve çalışanlar bu alana erişemeyeceğinden sorun teşkil etmeyeceği öngörülmüştür. İş güvenliği sorumlusu, üretici tarafından sağlanan bilgilerden (Şekil 2.2.), kriyostat tabanının 1,3 metre dışarısında dolaylı etkiler için eylem değerlerinin aşılmasının muhtemel olabileceğini de öğrenmiştir.

## 2.6. Risk Değerlendirmesi

İş güvenliği sorumlusu, NMR Laboratuvarı için EU-OSHA' nın çevrimiçi interaktif risk değerlendirme aracı olan OiRA tarafından önerilen bir metodoloji bulunduğunu bildiğinden daha önce bu yöntemle işyeri için bir risk değerlendirmesi hazırlamıştı. Bu değerlendirmede, aşağıdakiler de dahil olmak üzere laboratuvar çalışanlarına yönelik tüm riskler değerlendirilmiştir.

- Örnekleri yüklerken yüksekte çalışmak,
- Kriyojenik sıvılar ve süper iletken mıknatısların sıvıya daldırılarak soğutulması,
- Örnek değiştirme hazneleri gibi kriyostatın altındaki kapalı alanlarda boğucu nitrojen muhtevası,
- İtici ferromanyetik nesnelere (örneğin aletler ve araçlar),
- Tıbbi elektronik cihaz ve ekipmanlar ile etkileşim.

Buna göre yeni eylem planı, mevcut risk değerlendirmesi üzerinden incelenmesi kolay bir konu olacaktır. NMR Laboratuvarı için EMA' ya özgü bir risk değerlendirmesi örneği Tablo 2.1.' de gösterilmektedir.

**Tablo 2.1.** NMR Laboratuvarı için EMA'ya özgü risk değerlendirmesi

Tehlikeler	Mevcut koruyucu ve önleyici tedbirler	Risk altındakiler	Şiddet			Olabilirlik			Risk Derecesi	İlave koruyucu ve önleyici tedbirler
			Düşük	Ciddi	Ölümcül	Beklenmedik	Olası	Mümkün		
Statik manyetik alanın doğrudan etkileri	Fiziksel erişim kontrollü özel laboratuvar	Laboratuvar çalışanları	✓			✓			Düşük	
	Uyarı ve yasak işaretleri									
	Bilgilendirme, eğitimler ve talimatlar									Tazeleme eğitimi verilmesi ve bunun işyeri İSG bültenine eklenmesi
	İSG ile ilgili yazılı dokümanların varlığı ve çalışan eğitimleri vb. yetkinlik kanıtlaması	Servis mühendisleri	✓			✓			Düşük	
	Temizlik çalışanlarına erişim izni yok	Temizlik çalışanları	✓			✓			Düşük	Temizlik çalışanlarının farkında olmalarının sağlanması
Statik manyetik alanın dolaylı etkileri (tıbbi implantlar ile etkileşim, itme riski)	Ferromanyetik nesnelerin alan içerisine girişinin engellenmesi	Yukarıdakilerin hepsi		✓		✓			Düşük	Bakım çalışanlarının farkında olmalarının sağlanması
		Özel risk altında bulunan çalışanlar		✓		✓			Düşük	Yukarıdakilere bak
Radyo-frekans alanı	Bu alan tamamen ünite içerisinde olup erişilebilir değildir	Yukarıdakilerin hepsi	✓			✓			Düşük	Yok

## 2.7. Mevcut Önlemler

İş güvenliği sorumlusu, maruziyetin önlenmesi veya sınırlandırılması için NMR Laboratuvarı içinde bir dizi kurumsal önlemin uygulamada olduğunu tespit etmiştir. Bunlardan birincisi, “son teknoloji ürünü” pasif veya aktif kalkanlı NMR ünitelerinin alınmış olmasıdır. Bu kapsamdaki diğer iyi uygulamalar;

- NMR ünitelerinin, tuş takımı erişimi yoluyla fiziksel erişim kontrollü özel bir laboratuvarda konumlandırılmış olması,
- 92/58/EEC sayılı Sağlık ve Güvenlik İşaretleri Direktifine uygun şekilde laboratuvarın giriş kapısına uyarı ve yasak işaretlerinin konulmuş ve bildirimlerin yayımlanmış olması (bu bildirimler, vücuda bağlı tıbbi elektronik ekipmanı bulunan çalışanlar için de uyarılar içermektedir) (Şekil 2.3.),
- Ferromanyetik aletlerin ve diğer nesnelerin laboratuvar içerisine sokulmasının önlenmesi,
- NMR ünitelerinin diğer laboratuvar ekipmanlarından ve iş istasyonlarından ayrılması,
- Erişimi kontrol etmek için 0,5 mT kontur konumunda bir zincir bağlantı bariyeri kurmak ve zemini işaretlemek (Şekil 2.4.),
- Laboratuvarında çalışanlara yönelik bilgilendirme yapılması, eğitim verilmesi ve talimatların oluşturulması ile yeterli gözetimin sağlanması,
- Servis mühendislerinin, eğitim belgeleri gibi iş sağlığı ve güvenliğine ilişkin yazılı doküman sunmalarının istenmesi.



Şekil 2.3. NMR Laboratuvarı giriş kapısındaki uyarı ve yasak bildirimleri

Şekil 2.4. Kısıtlanmış alana zincir bağlantı çekilmesi ve zeminin işaretlenmesi





## 2.8. Değerlendirme Sonucunda Alınabilecek İlave Önlemler

İşyerinin iş güvenliği sorumlusu, yeni ünite ile ilişkili riskleri ele almak bakımından risk değerlendirmesinin gözden geçirilmesinden genel olarak memnun kalmıştır. NMR Laboratuvarındaki riskler ve alınan önlemler konusunda çalışanlarca, en son eğitimin beş yıl önce alınmış olmasına rağmen organizasyonel tedbirlerin yeterli olduğu düşünülmüştür. Buna göre, iş güvenliği sorumlusu aşağıdaki unsurları içeren bir eylem planı geliştirmiştir:

- Öncelik işe yeni alınan çalışanlara verilmek kaydıyla, laboratuvar çalışanlarının eğitimini, bir dizi kısa bilinçlendirme faaliyetiyle yenilemek,
- Bakım/onarım çalışanlarının, özellikle itme etkisiyle uçan ferromanyetik aletlerden kaynaklanan tehlikelerden haberdar olmalarını sağlamak,
- Temizlik çalışanlarından, laboratuvara girmelerinin yasak olduğunu bildikleri yönünde onay almak,
- İşletmenin iş sağlığı ve güvenliği bültenine, laboratuvarla ilgili tehlikeler hakkında metin eklemek.

## 3. ELEKTROLİZ

Bu vaka çalışmasında elektromanyetik alan kaynakları şunları içermektedir;

- Elektrolizörler,
- Tristör doğrultucular,
- Baralar,
- Transformatörler.

### 3.1. İşyeri

Yukarıda bahsedilen ve EMA yönünden incelenen ekipmanlar, büyük bir klor üretim tesisi içerisinde kuruludur. Bu anlamda işyerinin, EMA yönünden ilgilenilen alanları, elektrolizör hücre odası ile doğrultucu bölmeleridir.

### 3.2. İşin Niteliği

Ekipman üzerindeki çalışmaların çoğu, bir klor üretim tesisinde bulunması muhtemel ekipmanlardan herhangi birinde çalışabilecek kalifiye ve deneyimli mühendisler tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu faaliyet, bitişik elektrolizörler çalışırken periyodik olarak sıyırma ve elektrolizörün bakımını içerebilmektedir. Tesis, nispeten yeni olup tasarım aşamasında EMA güvenliği göz önünde bulundurulmuştur. Dolayısıyla bu vaka çalışması iyi bir uygulama örneği olup büyük bir projenin planlama aşamasında EMA maruziyetini dikkate almanın önemini vurgulamaktadır.

### 3.3. EMA' ya Neden Olan Ekipman Hakkında Bilgi

#### 3.3.1. Elektrolizör Hücre Odası

Elektrolizör hücre odası, membran hücre elektrolizi yöntemiyle tuzlu suya elektrik akımı uygulanarak klor üreten 20 elektrolizör içermektedir. Her elektrolizöre 450 volt, 16,5 kA doğru akım

uygulanmaktadır. Canlı elektrik iletkenlerine teması önlemek için elektrolizörlerin etrafına perspex koruma takılmıştır. Koruma dahil her bir elektrolizör 17,2 m uzunluğunda ve 4,4 m genişliğinde olup seri bağlı ve her biri 69 hücreden oluşan ikili gruplanmış 138 hücreden oluşmaktadır. Elektrolizörler arasında yaklaşık 1,1 m mesafe vardır. Elektrolizörlerin düzeni Şekil 3.1.' de gösterilmiştir.

EMA' ya maruziyetin en aza indirilmesini sağlamak için tesisin akım ileten kısımları etrafındaki manyetik alanların hesaplanmasına dayanan teorik bir modelleme yoluyla değerlendirilmesi yapılmıştır.



*Boylu boyunca tek bir elektrolizör*



*Birkaç elektrolizör*

**Şekil 3.1.** Hücre odasındaki elektrolizörler

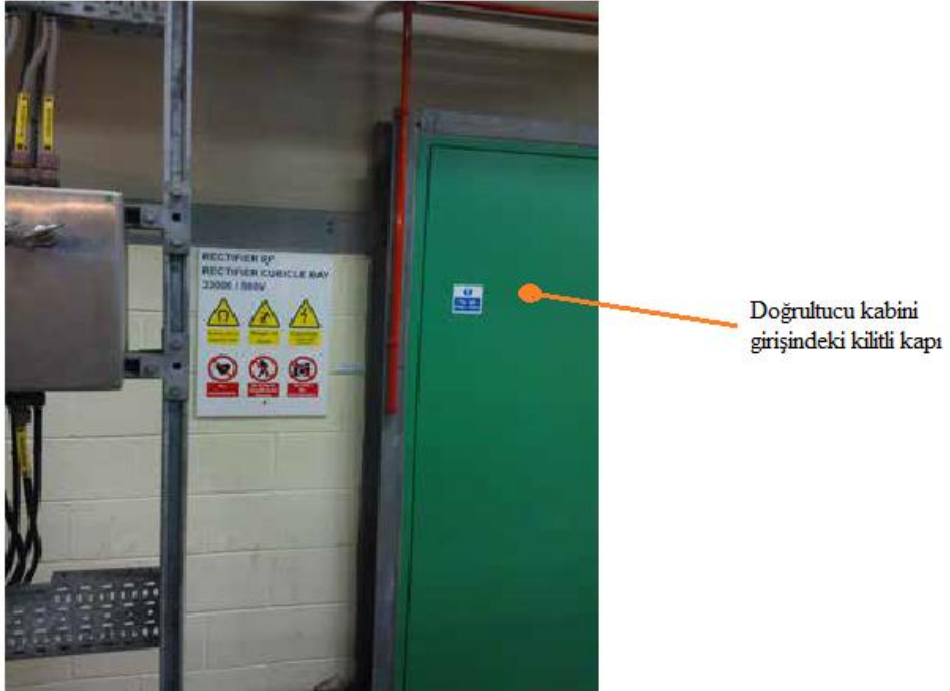
### 3.3.2. Doğrultucu Kabin Bölmesi

Her doğrultucu kabin bölmesi (Şekil 3.2.), iki elektrolizör için doğru akım kaynağı sağlayan bir tristör doğrultucu içermektedir. Elektrolizörleri besleyen baralar, taban seviyesinden yaklaşık 4,2 m yüksekliktedir. Binanın dışından erişimi önlemek için bölmeler çitle çevrili olup her bölmeye açılan kapı, yanında bir uyarı bildirimi ile kilitlidir (Şekil 3.3.). Elektrolizörler çalışırken bölmelere erişime normal olarak izin verilmemektedir.

Hücre odasını besleyen transformatörler, doğrultucu kabin bölmelerinin dışında, doğrultucuların bulunduğu duvarın diğer tarafına yerleştirilmiştir. Trafo bölmeleri de erişimi önlemek için çitle çevrilmiştir (Şekil 3.4.).



Şekil 3.2. Doğrultucu kabin bölmesi



Şekil 3.3. Doğrultucu kabin bölmesine erişimin kısıtlanması



**Şekil 3.4.** Transformatör bölmeleri

### **3.4. Uygulama Nasıl Kullanılır?**

Klor üretim süreci, bina yakınındaki bir kontrol odasından otomatik olarak uzaktan yönetilmektedir.

### **3.5. Maruziyet Değerlendirmesi Yaklaşımı**

Maruziyet ölçümleri, özel cihazlar kullanılarak uzman bir danışman tarafından yapılmıştır. Tesis, EMA güvenliği göz önünde bulundurularak tasarlandığından ve tasarım, tesisin akım ileten kısımları etrafındaki manyetik alanların hesaplanmasına dayanan teorik bir modelleme yoluyla değerlendirildiğinden, hâlihazırda uygulanan koruma ve önleme tedbirlerinin işyerinde EMA' ya maruziyeti kısıtlayıp kısıtlamadığını anlamak amacıyla ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Elektrolizörlere verilen doğru akım nedeniyle hem statik manyetik akı yoğunluğu, hem de doğru akımın üretilmesi nedeniyle zamanla değişen manyetik akı yoğunluğu ile bazı dalgalanmaların ölçümleri yapılmıştır. Dalgalanma sıklığı da maruziyet değerlendirme sırasında doğrulanmıştır.

Uzman danışman, ölçümlerin, normal iş süreçleri ve çalışma pozisyonlarını temsil eden yerlerde yapılmasını sağlamak için önceden iş süreçleri ve çalışma ortamlarını gözlemlemiştir. Ölçümler, elektrolizörler sabit yükte çalışırken yapılmıştır.

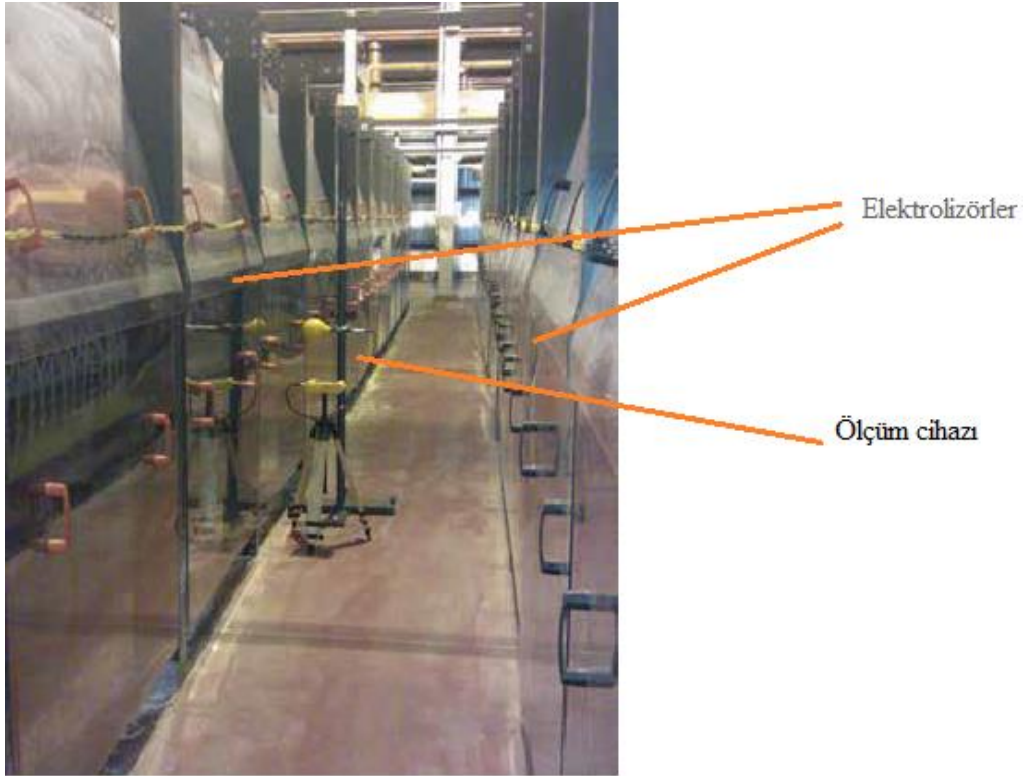
Ölçüm sonuçları, statik manyetik alanlara yönelik dolaylı etkiler için eylem değerlerinin yanı sıra (vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazlarla etkileşim ve yüksek alan gücü kaynaklarının saçak alanındaki çekme ve itme riski) doğrudan etkiler için ilgili maruziyet sınırı değerleri ve eylem değerleri ile karşılaştırılmıştır. Özel risk altındaki çalışanların maruziyeti değerlendirilirken, 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleriyle karşılaştırma yapılmıştır.

### 3.5.1. Elektrolizör Hücre Odası

İki elektrolizör arasında zamanla değişen manyetik akı yoğunluğu ve statik manyetik akı yoğunluğu ölçümleri yapılmıştır (Şekil 3.5.). Üç ölçüm seti uygulanmıştır;

- İki elektrolizör arasındaki boşluk boyunca belirli mesafe aralıklarında,
- Bir elektrolizörün sonundan diğer elektrolizörün sonuna kadar olan boşluğun uzunluğunun tam merkezinde belirli mesafe aralıklarında,
- Elektrolizörlerden birinin yanında dikey düzlemde.

Bu ölçümler, hücre odasındaki elektrolizörler arasında yürüyen bir çalışanın maruziyeti için, en kötü durum maruziyet senaryosu olduğu düşünülerek bir fikir oluşturmuştur.



Şekil 3.5. İki elektrolizör arasında yapılan ölçümler

### 3.5.2. Doğrultucu Kabin Bölmesi

Zamanla değişen manyetik akı yoğunluğu ve statik manyetik akı yoğunluğu ölçümleri, tristör doğrultucu etrafında (Şekil 3.6.), baraların altında ve doğrultucu ile transformatör arasındaki duvara yakın olarak yapılmıştır.



**Şekil 3.6.** Tristör doğrultucu yakınında yapılan ölçümler

### 3.6. Maruziyet Değerlendirmesinin Sonuçları

Maruziyet değerlendirmesinin sonuçları, ilgili maruziyet sınır değerleri ve eylem değerleri ile karşılaştırılmıştır. Elektroliz için ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması gereken önemli değerler şunlardır;

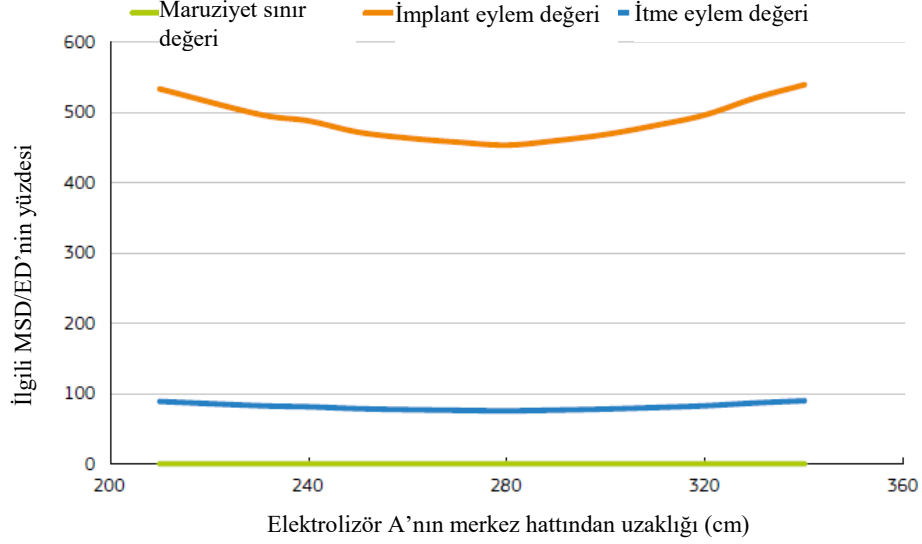
- Statik manyetik alanlar için;
  - Statik manyetik alanların manyetik akı yoğunluğu için maruziyet sınır değeri (normal çalışma koşullarında),
  - Statik manyetik alanların manyetik akı yoğunluğu için eylem değeri (kalp pili gibi vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazlar ile etkileşim),
  - Statik manyetik alanların manyetik akı yoğunluğu için eylem değeri (yüksek alan gücü üreten kaynakların saçak alanındaki çekim ve itme riski).
- Zamanla değişen manyetik alanlar için;
  - Zamanla değişen manyetik alanların manyetik akı yoğunluğu için eylem değerleri,
  - Zamanla değişen manyetik alanlar için Konsey Tavsiyesi Kararında (1999/519/EC) verilen referans seviyeleri (özel risk altında bulunan çalışanlar için).

Teorik modelleme ile üretilen diyagramların bazı örneklerinin yanı sıra maruziyet değerlendirmesinin önemli bulguları Şekil 3.7. ile Şekil 3.17. arasında verilmiştir.

Maruziyet değerlendirmesi sonuçlarının, modelleme ile yapılan değerlendirme ile doğrudan karşılaştırılmayacağı unutulmamalıdır. Çünkü modelleme yoluyla yapılan değerlendirme, EMA Direktifindeki eylem değerlerinden daha katı olan ICNIRP mesleki referans seviyelerine dayanmaktadır ve bu seviyeler, EMA Direktifinin yayınlanmasından önce kullanılan değerlerdir.

### 3.6.1. Elektrolizör Hücre Odası

Aşağıdaki grafikler, manyetik akı yoğunluğunun yukarıda açıklanan ilgili maruziyet sınır değerleri ve eylem değerlerine göre varyasyonunu göstermektedir. DC beslemesindeki dalgalanma frekansının 300 Hz olduğu teyit edilmiştir. Ölçüm cihazı tarafından 600 Hz ve 900 Hz' deki harmonikler de tespit edilmiş olup bunların toplam maruziyete katkısının önemli ölçüde olmadığı kabul edilmiştir.



Not: Ölçümler, zemin seviyesinden 120 cm yükseklikte yapılmıştır.

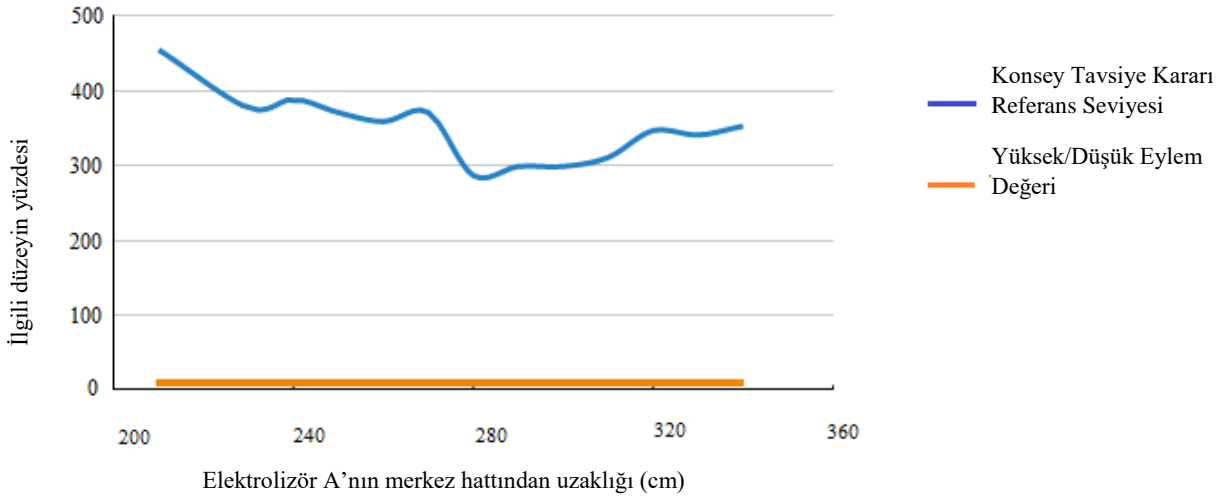
Maruziyet sınır değeri (normal çalışma koşullarında): 2T

İmplant eylem değeri: 0,5 mT

İtme eylem değeri: 3 mT

Ölçüm belirsizliği  $\pm\%5$  olarak ve sonuçlar MSD/ED' nin doğrudan yüzdeleri olarak alınmıştır.

**Şekil 3.7.** İki elektrolizör arasındaki boşluk boyunca statik manyetik akı yoğunluğunun değişimi



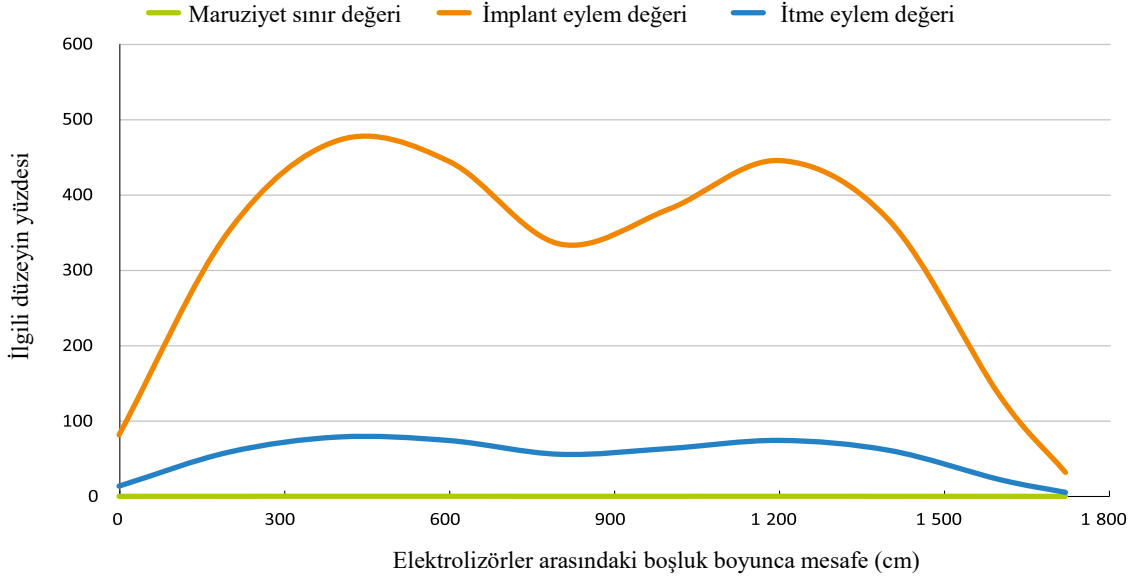
Not: Ölçümler, zemin seviyesinden 120 cm yükseklikte yapılmıştır.

300 Hz manyetik alan için yüksek ve düşük eylem değeri: 1000  $\mu$ T

300 Hz manyetik alan için 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyesi: 16.7  $\mu$ T

Ölçüm belirsizliği  $\pm\%10$  olarak ve sonuçlar ED/RS' nin doğrudan yüzdeleri olarak alınmıştır.

**Şekil 3.8.** 300 Hz zamanla değişen manyetik akı yoğunluğunun iki elektrolizör arasındaki boşluk boyunca değişimi



Not: Ölçümler, zemin seviyesinden 120 cm yükseklikte yapılmıştır.

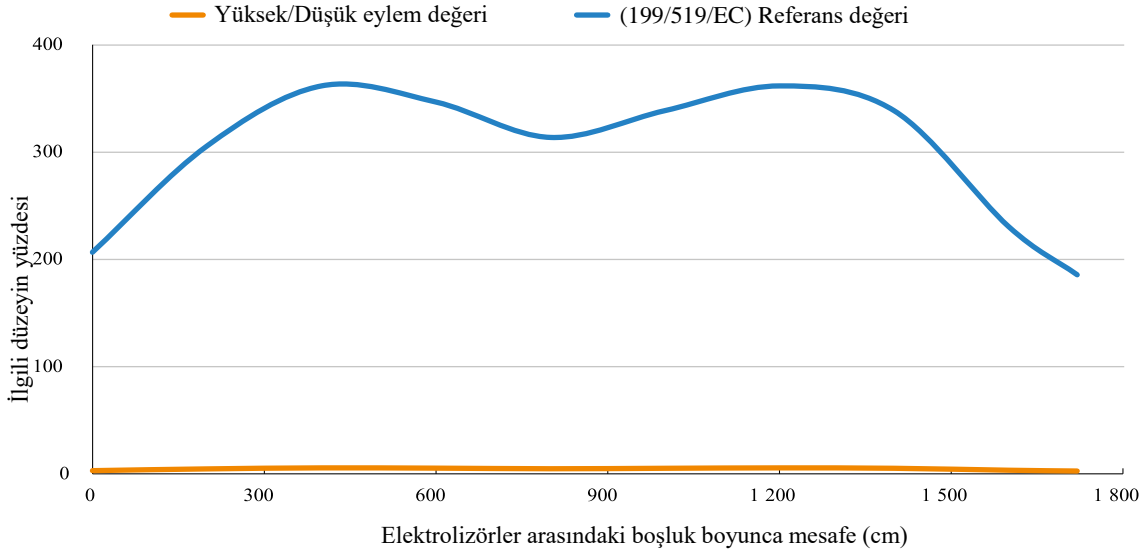
Maruziyet sınır değeri (normal çalışma koşulları): 2T

İmplant eylem değeri: 0.5 mT

İtme eylem değeri: 3 mT

Ölçüm belirsizliği  $\pm\% 5$  olarak ve sonuçlar MSD/ED' lerin doğrudan yüzdeleri olarak alınmıştır.

**Şekil 3.9.** İki elektrolizör arasındaki boşluğun uzunluğu boyunca statik manyetik akı yoğunluğunun değişimi



Not: Ölçümler, zemin seviyesinden 120 cm yükseklikte yapılmıştır.

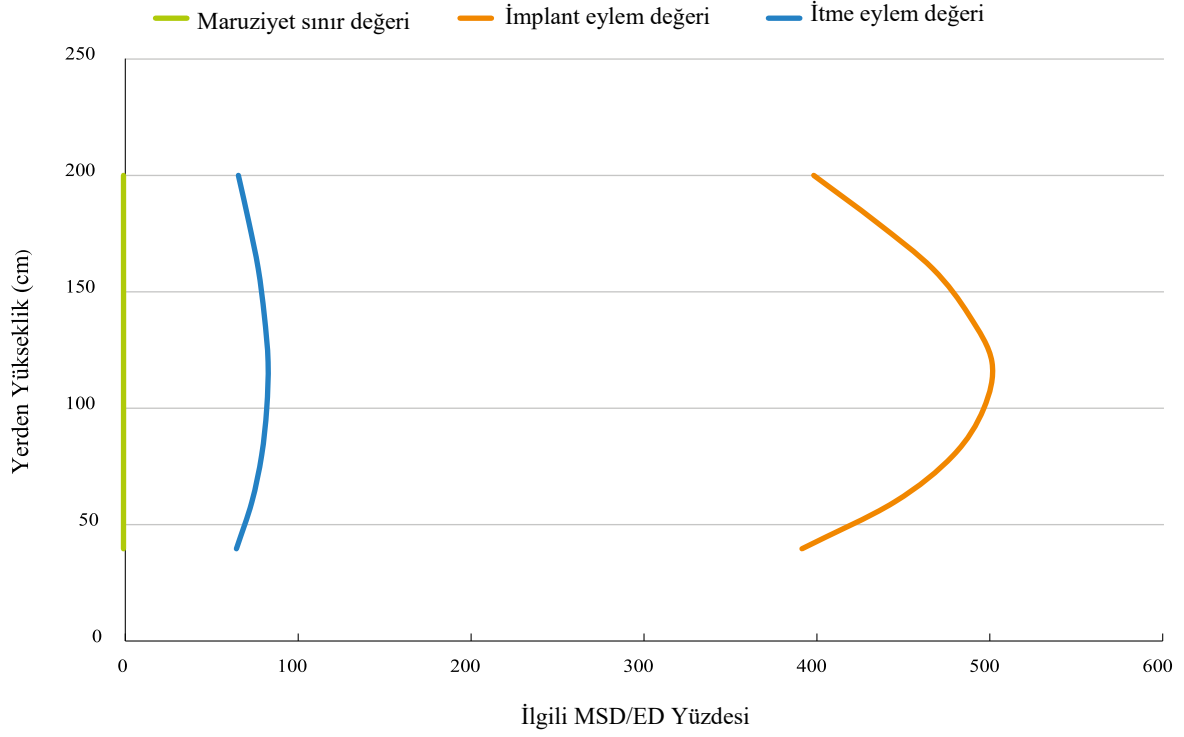
300 Hz manyetik alan için yüksek ve düşük eylem değerleri: 1000  $\mu$ T

300 Hz manyetik alan için Konsey Tavsiye Kararı (1999/519/EC) referans seviyesi: 16,7  $\mu$ T

Ölçüm belirsizliği  $\pm\% 10$  olarak ve sonuçlar ED/RS' nin doğrudan yüzdeleri olarak alınmıştır.

**Şekil 3.10.** İki elektrolizör arasındaki boşluğun uzunluğu boyunca 300 Hz zamanla değişen manyetik akı yoğunluğunun değişimi





Not: Ölçümler, elektrolizörlerden birinin merkez hattından 230 cm mesafede yapılmıştır.

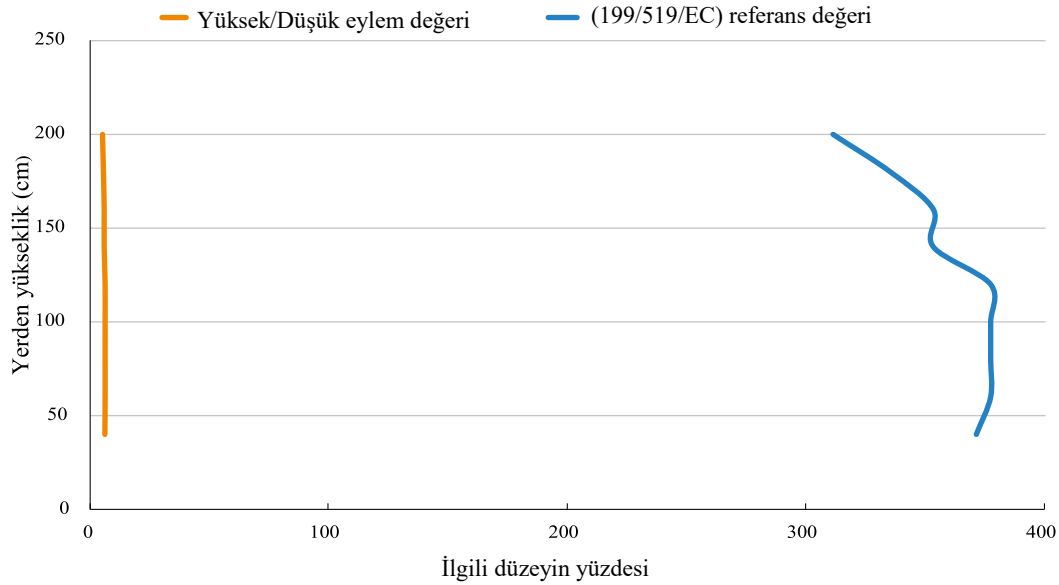
Maruziyet limit değeri (normal çalışma koşulları): 2 T

İmplant eylem değeri: 0.5 mT

İtme eylem değeri: 3 mT

Ölçüm belirsizliği  $\pm\% 5$  olarak ve sonuçlar MSD/ED' lerin doğrudan yüzdeleri olarak alınmıştır.

**Şekil 3.11.** Statik manyetik akı yoğunluğunun, elektrolizörler boyunca yükseklik ile değişimi



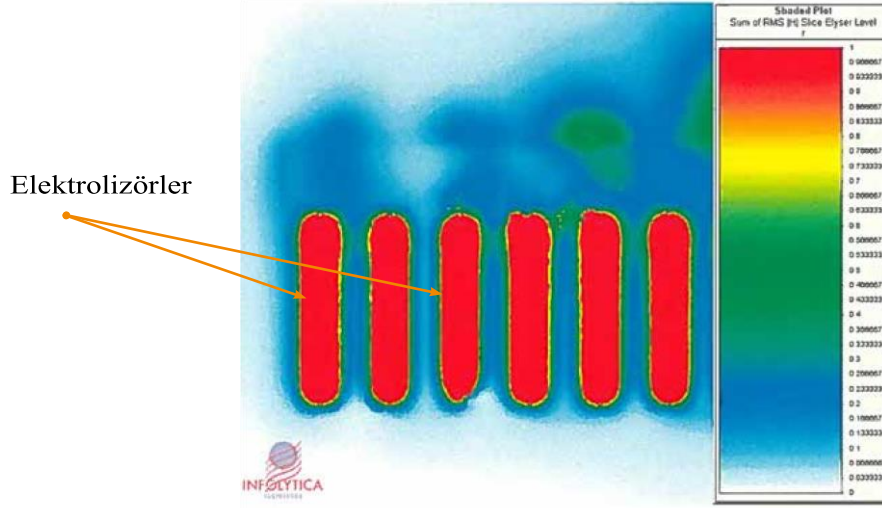
Not: Ölçümler, elektrolizörlerden birinin merkez hattından 230 cm mesafede yapılmıştır.

300 Hz manyetik alan için yüksek ve düşük eylem değerleri: 1000  $\mu\text{T}$

300 Hz manyetik alan için Konsey Tavsiye Kararı (1999/519/EC) referans seviyesi: 16,7  $\mu\text{T}$

Ölçüm belirsizliği  $\pm\% 10$  olarak ve sonuçlar ED/RD'nin doğrudan yüzdeleri olarak alınmıştır.

**Şekil 3.12.** 300 Hz zamanla değişen manyetik akı yoğunluğunun, elektrolizörler boyunca yükseklik ile değişimi



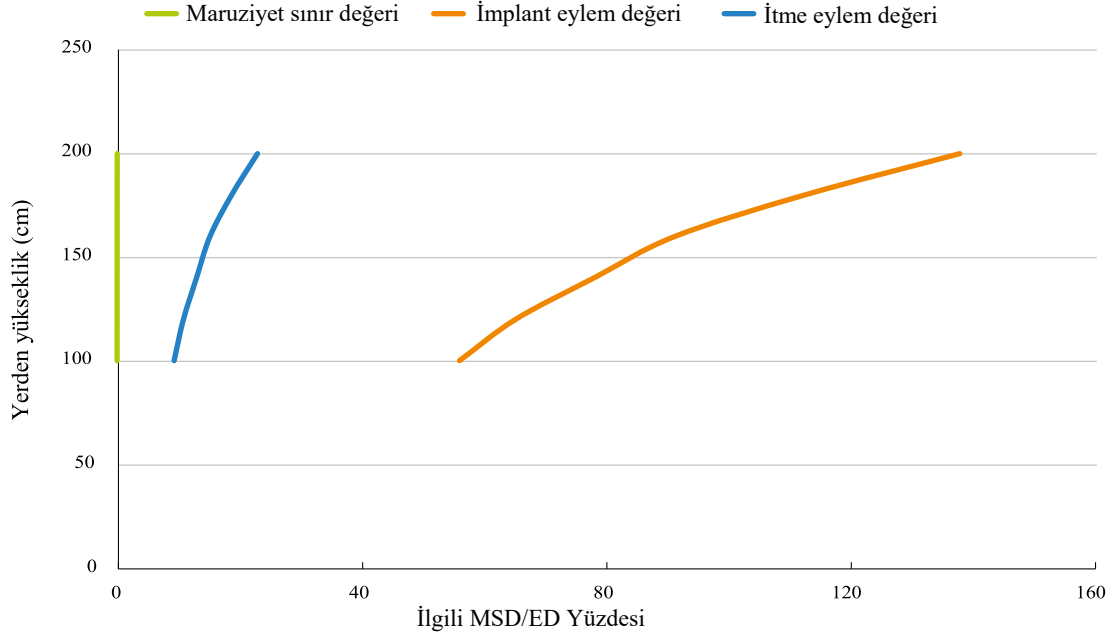
**Şekil 3.13.** Elektrolizör hücre odası için teorik bir modelleme değerlendirme diyagramı örneği (plan görünümü)

Elektrolizör hücre odasındaki maruziyet değerlendirmesinin sonuçları, firmaya aşağıdaki bilgileri sağlamıştır:

- Elektrolizörlerden kaynaklanan manyetik alanlara maruziyet, ilgili MSD'lerin ve doğrudan etkiler için ED'lerin altındadır (yani belirtilen seviyeleri aşmamıştır),
- Vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazı bulunan kişiler, hücre odasındaki statik manyetik alanlardan kaynaklanabilecek tehlikeler ile karşı karşıya kalabilir,
- Zamanla değişen manyetik alanlar için, 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında belirtilen referans seviyeleri, elektrolizörlerin uzunluğu boyunca aşılmıştır. Ancak, hücre odasının özel risk altındaki çalışanlar tarafından kullanılması pek olası değildir.

### 3.6.2. Doğrultucu Bölmesi

Aşağıdaki grafikler manyetik akı yoğunluğunun yukarıda açıklanan maruziyet sınır değerleri ve eylem değerlerine göre varyasyonunu göstermektedir. DC kaynağındaki dalgalanma frekansının 300 Hz olduğu doğrulanmış olup bina dışındaki transformatörden kaynaklanan 50 Hz alanlar da tespit edilmiştir.



Not: Bara DC izolatörü, zemin seviyesinden yaklaşık 420 cm yüksektir.

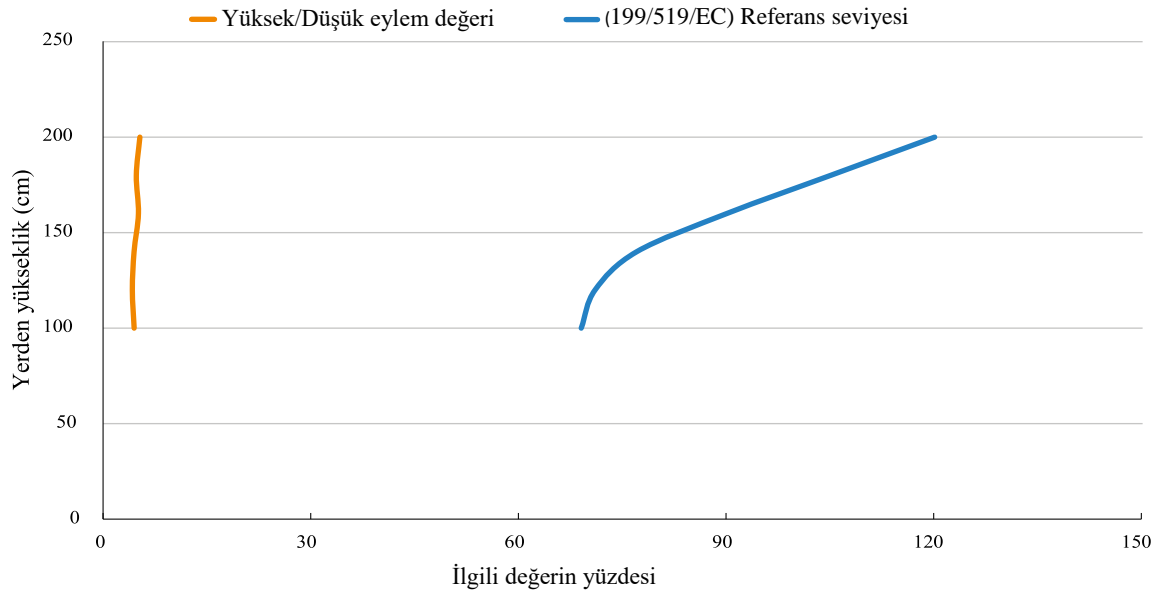
Maruziyet sınır değeri (normal çalışma koşulları): 2 T

İmplant eylem değeri: 0.5 mT

İtme eylem değeri: 3 mT

Ölçüm belirsizliği  $\pm\%$  5 olarak ve sonuçlar MSD/ED'lerin doğrudan yüzdeleri olarak alınmıştır.

**Şekil 3.14.** Statik manyetik akı yoğunluğunun, bara DC izolatörünün altındaki yükseklik ile değişimi



Not: Bara DC izolatörü, zemin seviyesinden yaklaşık 420 cm yüksektir.

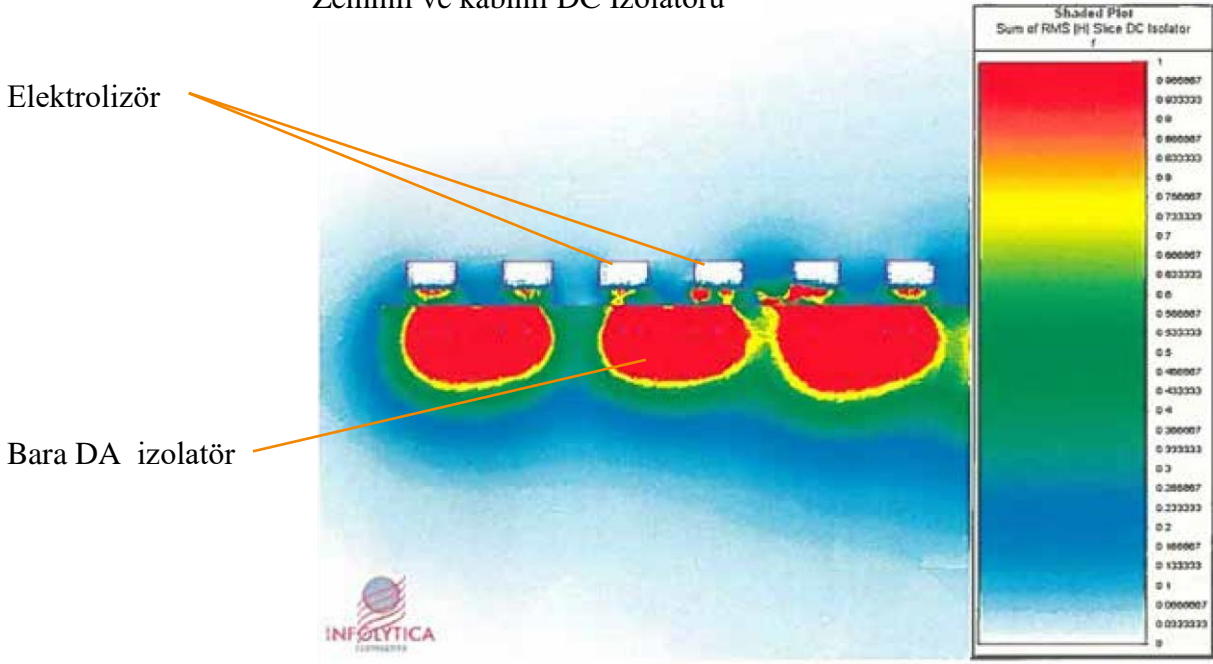
300 Hz manyetik alan için yüksek ve düşük eylem değerleri: 1000  $\mu$ T

300 Hz manyetik alan için 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararındaki referans seviyesi: 16.7  $\mu$ T

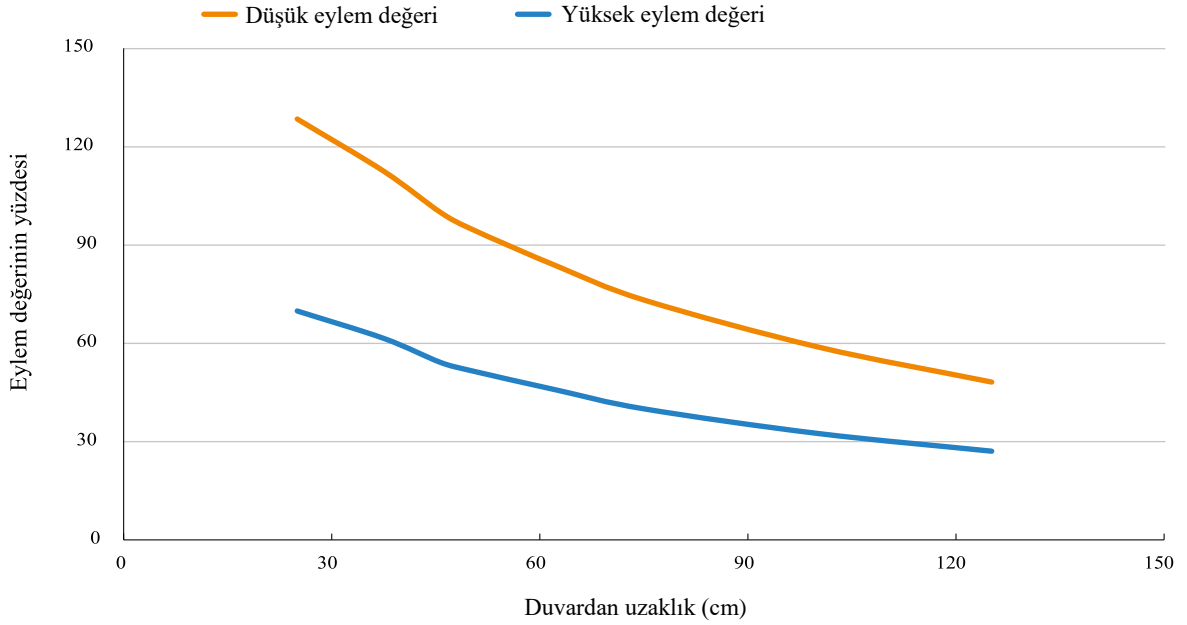
Ölçüm belirsizliği  $\pm\%$  10 olarak ve sonuçlar ED/RS'nin doğrudan yüzdeleri olarak alınmıştır.

**Şekil 3.15.** 300 Hz zamanla değişen manyetik akı yoğunluğunun, bara DC izolatörünün altındaki yükseklik ile değişimi

### Zeminli ve kabinli DC İzolatörü



Şekil 3.16. Bara izolatörü çevresindeki bölgeler için teorik bir modelleme değerlendirme diyagramı örneği (kesitsel)



Not: Ölçümler, zemin seviyesinden 120 cm yükseklikte yapılmıştır.

50 Hz manyetik alan için düşük eylem değeri: 1000  $\mu$ T

50 Hz manyetik alan için yüksek eylem değeri: 6000  $\mu$ T

Ölçüm belirsizliği  $\pm$ % 10 olarak ve sonuçlar ED/RS'nin doğrudan yüzdeleri olarak alınmıştır.

Şekil 3.17. 50 Hz zamanla değişen manyetik akı yoğunluğunun, tristör doğrultucu ile transformatör arasındaki duvardan uzaklık ile değişimi

Doğrultucu bölmesindeki maruziyet değerlendirmesinin sonuçları, işletmeye aşağıdaki bilgileri sağlamıştır;

- Baralardan ve tristör doğrultuculardan kaynaklanan manyetik alan maruziyeti, zemin seviyesinde doğrudan etkiler için eylem değerinin altındadır,
- Doğrultucunun arkasındaki duvarın diğer tarafındaki transformatörden zamanla değişen manyetik alana maruziyet, doğrultucu bölmesinin içindeki duvarın yüzeyinden 37 cm mesafeye kadar zamanla değişen manyetik akı yoğunluğu için düşük eylem değerinden daha büyüktür,
- Transformatörden zamanla değişen manyetik alanlara maruziyet, doğrultucu bölümündeki zamanla değişen manyetik akı yoğunluğu için yüksek eylem değerinin altındadır,
- Vücuda yerleşik aktif tıbbi cihaza sahip çalışanlar, doğrultucu bölmelerinin herhangi bir yerinde statik manyetik alanlardan kaynaklanan tehlikeler ile karşılaşabilirler. Ancak, bu çalışanlara yapılan uyarı niteliğindeki bildirimler ve çalışma alanı İSG bilgilendirmesini içeren talimatların görünür yerlere asılmış olması yeterli görülmüştür,
- 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleri, zamanla değişen manyetik alanlar için aşılmıştır. Bununla birlikte, doğrultucu bölmelerin özel risk altındaki çalışanlar tarafından kullanılması pek olası değildir.

### 3.7. Risk Değerlendirmesi

Danışman tarafından yapılan maruziyet değerlendirmesine dayanarak ve OiRA tarafından önerilen yöntemle tutarlı olarak işletme, klor üretim tesisinin EMA ile ilgili risk değerlendirmesini gerçekleştirmiştir. Risk değerlendirmesi neticesinde şu sonuca varılmıştır;

- Özel risk altındaki çalışanların, elektrolizörlerin yakınında bulunması tehlikeye yol açabilir,
- Özel risk altındakiler de dahil olmak üzere tüm çalışanlar, doğrultucu kabin bölmelerinde, manyetik alan maruziyeti nedeniyle tehlike ile karşı karşıya kalabilirler.

Klor üretim tesisi için EMA' ya özgü bir risk değerlendirmesi örneği Tablo 3.1.' de gösterilmiştir.

**Tablo 3.1.** Klor üretim tesisi için EMA' ya özgü risk değerlendirmesi

Tehlikeler	Mevcut koruyucu ve önleyici tedbirler	Risk altındakiler	Şiddet			Olabilirlik			Risk Derecesi	İlave koruyucu ve önleyici tedbirler	
			Düşük	Ciddi	Ölümcül	Beklenmedik	Olası	Mümkün			
Manyetik alanın doğrudan etkileri	Tesisin, manyetik alanların gücünü en aza indireyecek şekilde özenli tasarlanmış olması	Mühendisler	✓					✓		Düşük	Gerekli değil
	Doğrultucu kabin bölmelerine erişimin kısıtlanması  Açıkça görülebilen yerlere asılan uygun uyarı bildirimleri	Özel risk altındaki çalışanlar (hamile çalışanlar dahil)	✓			✓				Düşük	

	Çalışanların eğitimi									
Manyetik alanın dolaylı etkileri (tıbbi implantlar ile etkileşim)	Tıbbi implantı bulunan çalışanların erişiminin önlenmesi Açıkça görülebilen yerlere asılan uygun uyarı bildirimleri Çalışanların eğitimi			✓		✓			Düşük	Gerekli değil

### 3.8. Mevcut Önlemler

EMA güvenliği, tesis tasarımının ilk aşamalarından itibaren yüksek bir öncelik olarak ele alınmış ve aşağıdakiler de dahil olmak üzere çeşitli koruma ve önleme tedbirleri süreçlere dahil edilmiştir;

- Elektrolizörlere DC beslemesi üzerindeki dalgalanma tarafından üretilmesi muhtemel olan zamanla değişen manyetik alanların gücü, örneğin 6 puls doğrultucu yerine 12 puls doğrultucu kullanılarak minimize edilmiştir,
- Tesis, güçlü manyetik alanların çalışanlardan kolayca izole edilmesini sağlayacak boyuttadır,
- Tesis çevresinde güçlü manyetik alanların bulunduğu dair uygun uyarılar açıkça görülebilen yerlere asılmış ve gerekli bildirimler yapılmıştır,
- Çalışanlar EMA'ya maruziyet potansiyeli konusunda bilgilendirilmiş ve çalışanlardan, tıbbi implantları bulunup bulunmadığını işverene bildirmeleri istenmiştir.

### 3.9. Değerlendirme Sonucunda Alınabilecek İlave Önlemler

Maruziyet değerlendirmesi, tesisin EMA maruziyeti ile ilgili olarak iyi bir şekilde tasarlandığını doğrulamıştır ve bu nedenle maruziyet değerlendirme sonucunda ek önlem alınması gerekmemiştir.

## 4. MEDİKAL

### 4.1. İşyeri

Bir hastanenin sağlık fiziği ile ilgili bölümünden, EMA Direktifinin uygulanmasının hastanede yürütülen çalışmaları nasıl etkileyebileceğini değerlendirmesi istenmiştir.

### 4.2. İşin Niteliği

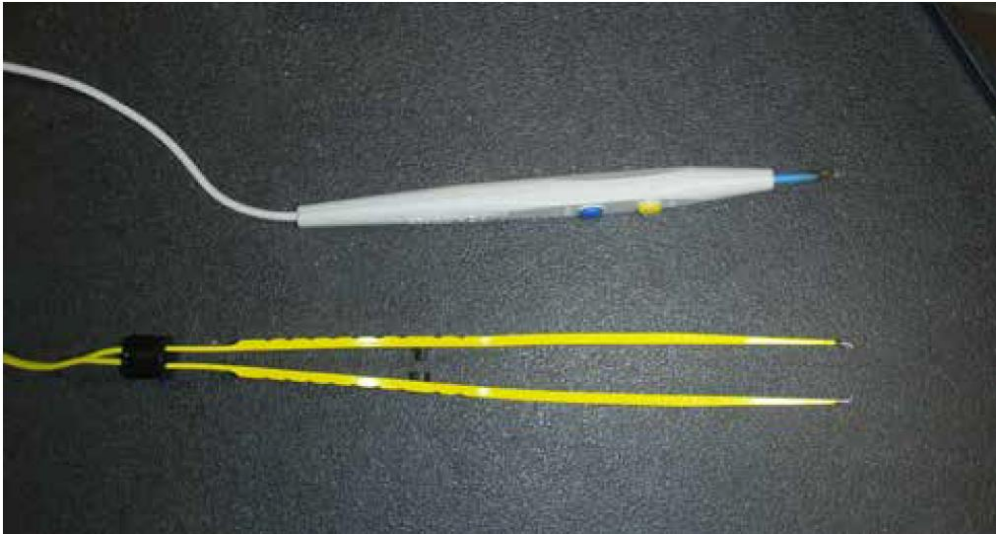
Elektrikli cihazlar, hastaların teşhisinde, izleminde ve tedavisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Sağlık fizikçilerinden oluşan bir ekip, değerlendirmelerine, potansiyel olarak güçlü elektromanyetik alanlar oluşturabilecek ekipmanları tanımlayarak başlamıştır. Hastane ekipman envanterini incelemişler ve güçlü elektromanyetik alanlar ürettiğini bildikleri; elektrocerrahi üniteleri, transkraniyal manyetik

uyarım (TMS) cihazları ve kısa dalga diyatermi üniteleri olmak üzere üç ekipmanı belirlemişlerdir. Hastanede, kısa dalga diyatermi ünitesi kullanılmamakla birlikte yine de değerlendirmeye dahil edilmiştir. Ekip ayrıca, hassas görüntüleme ekipmanlarının elektromanyetik parazitten, özellikle de güçlü elektromanyetik alanlar üreten cihazların yakınında kullanılacak ekipmanlardan etkilenme potansiyeline bakmak istemiştir. Elektromanyetik parazitlere karşı en hassas ekipmanın elektrocerrahi işlemleri sırasında kullanılan hassas tıbbi ekipmanlar (ventilatörler ve elektrokardiyografik cihazlar) olacağını belirlemişlerdir.

### 4.3. EMA' ya Neden Olan Ekipman Hakkında Bilgi

#### 4.3.1. Elektrocerrahi Üniteleri

Elektrocerrahi cihazları, hastanelerde, insan dokusunun kesilmesi ve/veya pıhtılaştırılması amacıyla önemli sayıda cerrahi prosedürde kullanılmaktadır. Üzerinde çalışılan dokudan yüksek voltajlı bir elektrik akımı geçirerek çalışmaktadır. Bu üniteler tipik olarak yaklaşık 300 kHz ila 1 MHz frekans aralığında çalışmakta ve 50 ila 300 W güç kullanmaktadır. Elektrocerrahi ünitesini; aktif bir elektrot, jeneratör, jeneratörü aktif elektroda bağlayan kablolar ve dönüş elektrotu veya hastanın vücuduna monte edilmiş topraklanmış plaka (Şekil 4.1.) oluşturmaktadır. Güç, korumasız olabilecek kablolar aracılığıyla aktif elektroda (elektrocerrahi probu) verilir. Akım, hastanın dokusundan geçer ve dönüş elektrotu yoluyla elektrocerrahi ünitesine geri gönderilir.



Şekil 4.1. Aktif elektrot, dönüş elektrotu ve kabloları

#### 4.3.2. Transkraniyal Manyetik Uyarım

Transkraniyal Manyetik Uyarım (TMS) cihazı, beyinde, akımları indüklemek amacıyla kasıtlı olarak elektromanyetik alan atımları üretir ve bir dizi tıbbi uygulamada (örneğin beyin hastalığı ve yaralanma teşhisinde, depresyon tedavisinde ve yakın dönemde migren ağrılarının tedavisinde) kullanılır. Tipik TMS cihazları, yüksek akım darbesi üreten bir ana üniteden ve elde taşınır bir stimülasyon bobininden oluşmaktadır (Şekil 4.2.). Piyasada bulunan cihazlarda, enerji, yüksek gerilim kapasitörlerinde depolanmaktadır. Bu kapasitörler, birkaç saniye içinde yüksek akımları değiştirebilen bir tristör

vasıtasıyla bobine boşaltılır. Hastanede, diğer bobin türleri de mevcut olmasına rağmen yaygın olarak dairesel bobin ve sekiz şekilli bobin tasarımları kullanılmaktadır.



**Şekil 4.2.** "Sekiz şekilli" TMS bobini

#### 4.3.3. Kısa Dalga Diyatermi Ünitesi

Kısa dalga diyatermi cihazları, tipik olarak 27,1 MHz' de radyofrekans (RF) radyasyonu yaymaktadır. Cihazlar, fizyoterapistler tarafından kasların ve eklemlerin terapötik tedavisi için kullanılır. Cihazların kapasitif ve endüktif olmak üzere iki çalışma modu bulunmakta olup kapasitif modda hasta, iki plaka elektrotu (Şekil 4.3.) arasındaki RF alanına yerleştirilir. Endüktif modda ise elektromanyetik alan bir bobin yoluyla uygulanır.



**Şekil 4.3.** Kapasitif kısa dalga diyatermi

## 4.4. Uygulama Nasıl Kullanılır?

### 4.4.1. Elektrocerrahi Üniteleri

Cerrah, kullanım sırasında, tipik olarak tedavi probunu üst vücuduna yakın tutmaktadır. Kablolar ameliyathane çalışanlarına yakın, özellikle de cerrahın eline ve koluna yakın durabilmektedir.



#### 4.4.2. Transkraniyal Manyetik Uyarım Cihazı

Bobin hastanın başına yakın yerleştirilmekte ve hastanın beynindeki akımları indüklemek için bir veya bir dizi elektromanyetik darbe üretmektedir. Prob, klinisyen tarafından belirli bir pozisyonda sabitlenmekte veya belirli bir pozisyonda tutulabilmektedir (Şekil 4.4.).



Şekil 4.4 Dairesel TMS bobininin kullanımı

#### 4.4.3. Kısa Dalga Diyatermi

Kısa dalga diyatermi cihazının fizyoterapistler tarafından geçmişte kullanılmasına rağmen artık hastanede kullanılmadığı konusunda ekibe bilgi verilmiştir. Ekip, bu ekipmanın çalışma prosedürleri hakkında tam olarak bilgi sahibi olmadığından, bu ekipmanın hastanede tekrar kullanıma alınması halinde ileride değerlendirme yapılmasının uygun olacağına karar vermiştir.

### 4.5. Maruziyet Değerlendirmesi Yaklaşımı

Sağlık fiziği ekibi, yukarıda tanımlanan üç tıbbi cihazın da güçlü elektromanyetik alanlar oluşturduğunun farkında olmakla birlikte bu cihazların maruziyet sınır değerlerin aşılmasına neden olabilecek alanlar oluşturup oluşturmadığı konusunda emin değildir. Bu nedenle, ortamdaki elektromanyetik alanların ölçülmesinin gerektiği sonucuna varılmıştır. Ekip, ConMed 5000 elektrocerrahi ünitesi ve 200 MAGSTIM TMS cihazı olmak üzere iki ekipman ile ilgili ölçüm alınmasına karar vermiştir. 4.4.3. başlığı altında açıklanan nedenler ile şu anda kısa dalga diyatermi ünitelerinde ölçüm yapılmasına gerek olmadığı düşünülmüştür. Ekip, ölçümleri gerçekleştirmek için izotropik (üç eksenli) bir prob kullanmıştır. Üretilen elektromanyetik alanların frekanslarının farklı olması nedeniyle her bir ekipman için farklı problemlere ihtiyaç duyulmuştur.

## 4.6. Maruziyet Değerlendirmesinin Sonuçları

### 4.6.1. Elektrocerrahi Ünitesi

ConMed 5000 elektrocerrahi ünitesi monopolar modda çalıştırılmıştır. Bu ünite, kesme ve pıhtılaşma modunda çalışabilmektedir. Bununla birlikte, ön değerlendirmeler, kesme modunda üretilen elektromanyetik alanların, pıhtılaşma modundakinden daha yüksek olduğunu ve bu nedenle ölçümlerin çoğunun bu modda yapılması gerektiğini göstermiştir. Alanın frekansı, ölçüm yapılarak ve dalga formunun bir osiloskop üzerinde gösterilmesiyle değerlendirilmiş olup 391 kHz olarak bulunmuştur. Uygulanan güç yaklaşık 200 W' dır.

Aktif elektrot ve dönüş elektrotlarının kablolarının çevresinde elektrik ve manyetik alan ölçümleri yapılmıştır. Orta frekanslı alan nedeniyle ölçülen alan büyüklüğünün, eylem değerleri ile karşılaştırılması açısından hem termal olmayan hem de termal etkiler için ED' ler uygulanabilir.

Tablo 4.1' de verilen ölçüm sonuçları, aktif elektrot (tedavi elektrotu) kablosu boyunca çeşitli yatay mesafelerdeki manyetik alan gücünü göstermektedir. Bu sonuçlardan hareketle değerlendirmeyi gerçekleştiren ekip, manyetik alanı kablodan 1 cm uzağa ekstrapole etmiş ve uzuv eylem değerinin %7' si şeklinde hesaplamıştır.

Değerlendirmeyi gerçekleştiren ekip, ekipman etrafındaki manyetik alanı değerlendirdiğinde şu sonucu elde etmiştir: cerrahın veya diğer sağlık çalışanlarının maruziyeti, EMA Direktifinde verilen eylem değerlerini veya 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerini aşmamaktadır.

**Tablo 4.1.** Aktif elektrot (tedavi elektrotu) kablosundan çeşitli mesafelerde manyetik alan şiddeti (Eylem değerlerinin ve 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerinin yüzdesi olarak)

Kablodan uzaklık (cm)	Manyetik alan şiddeti (Am <sup>-1</sup> )	Manyetik akı yoğunluğu (μT)	Termal olmayan etkiler		Termal etkiler	
			Yüksek/düşük eylem değerlerinin yüzdesi (%) <sup>1</sup>	Uzuv eylem değerlerinin yüzdesi (%) <sup>2</sup>	Eylem değerinin yüzdesi (%) <sup>3</sup>	Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerinin yüzdesi (%) <sup>4</sup>
10	0,64	0,81	0,81	0,27	16	34
20	0,53	0,67	0,67	0,22	13	29
50	0,26	0,33	0,33	0,11	6,4	14
100	0,09	0,11	0,11	0,04	2,1	4,7
150	0,04	0,05	0,05	0,02	1,0	2,1

1 391 kHz frekansta manyetik akı yoğunluğu için yüksek/düşük eylem değeri: 100 μT

2 391 kHz frekansta manyetik akı yoğunluğu için uzuv eylem değeri: 300 μT

3 391 kHz frekansta manyetik akı yoğunluğu için eylem değeri: 5,12 μT

4 391 kHz frekansta manyetik akı yoğunluğu için 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararındaki referans seviyesi: 2,35 μT

Not: Ölçüm belirsizliği ± 2,7 dB ve sonuçlar doğrudan ED/RS ile karşılaştırılmıştır.

Elektrik alan ölçümü, tedavi elektrotunun kablosu ve dönüş kablosunun kapladığı bölgede gerçekleştirilmiştir. Dönüş kablosunun ürettiği elektrik alanının, tedavi elektrotu kablosunun ürettiğinden önemli ölçüde daha yüksek olması; tedavi elektrotu kablosunun korumalı olduğunu göstermektedir. Dönüş kablosundan uzaklığa bağlı olarak elektrik alan şiddeti, Tablo 4.2.' de detaylandırılmıştır. Bu ölçümler, kablo boyunun ortası boyunca çeşitli yatay mesafelerde alınmıştır. Kablodan 10 cm uzakta ölçülen en yüksek alan, eylem değerlerinden daha düşüktür. Bununla birlikte sonuçlar, kablodan yaklaşık 20 cm uzakta, 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerinin aşılabileceğini göstermektedir.

**Tablo 4.2.** Dönüş kablosundan çeşitli mesafelerde elektrik alan şiddeti (Eylem değerlerinin ve 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerinin yüzdesi olarak)

Kablodan Uzaklık (cm)	Elektrik alan şiddeti (Vm <sup>-1</sup> )	Termal olmayan etkiler		Termal etkiler	
		Düşük eylem değerinin yüzdesi (%) <sup>1</sup>	Yüksek eylem değerinin yüzdesi (%) <sup>2</sup>	Eylem değerinin yüzdesi (%) <sup>3</sup>	Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerinin yüzdesi (%) <sup>4</sup>
10	116	68,2	19,0	19,0	133
20	92,5	54,4	15,2	15,2	106
30	66,8	39,3	11,0	11,0	76,8
50	48,5	28,6	8,0	8,0	55,8
100	11,9	7,0	2,0	2,0	13,7
150	6,55	3,9	1,1	1,1	7,5

<sup>1</sup> 3 kHz ila 10 MHz aralığındaki frekanslar için elektrik alan şiddeti düşük eylem değeri: 170 Vm<sup>-1</sup>

<sup>2</sup> 3 kHz ila 10 MHz aralığındaki frekanslar için elektrik alan şiddeti yüksek eylem değeri: 610 Vm<sup>-1</sup>

<sup>3</sup> 3 kHz ila 10 MHz aralığındaki frekanslar için elektrik alan şiddeti yüksek eylem değeri: 610 Vm<sup>-1</sup>

<sup>4</sup> 150 kHz ila 1 MHz aralığındaki frekanslar için 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen elektrik alan şiddeti referans seviyesi: 87 Vm<sup>-1</sup>

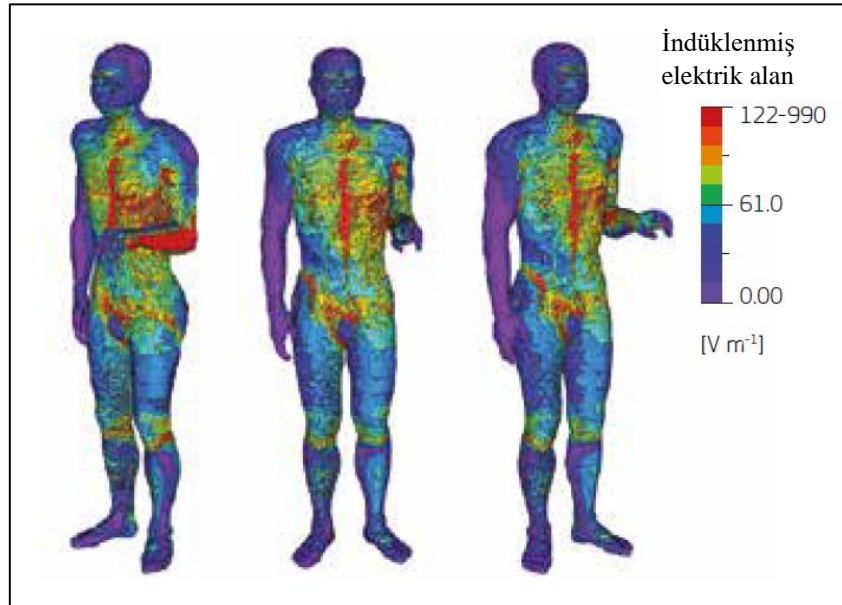
Not: Ölçüm belirsizliği ± 0,8 dB ve sonuçlar doğrudan ED/RS ile karşılaştırılmıştır.

Değerlendirmeyi gerçekleştiren ekip, son olarak, modellemeye yönelik bir yazılım kullanmak suretiyle hastaların maruziyeti için bir tahminde bulunmak ve bu tahmini, modele aktarmak suretiyle cerrahın maruziyetini de maruziyet sınır değerleri açısından değerlendirmek için yeniden yapılandırmıştır. Hem indüklenen elektrik alanları hem de SAR değerleri, elektrocerrahi ünitesinin kullanımda olduğu ve kabloların cerrahın kolu boyunca 1 cm' lik bir mesafeden geçtiği duruma göre hesaplanmıştır. Böylece çeşitli dokulardaki indüklenen elektrik alanı hesaplanmıştır (Tablo 4.3.). En yüksek değer kemikte 628 mVm<sup>-1</sup> olduğu belirlenmiştir. Bu değer, sağlık etkili maruziyet sınır değerinin %0.6' sını aşmamaktadır. Bu kapsamda, insan modeli üzerinde indüklenen elektrik alanının dağılımı, Şekil 4.5.' te gösterilmiştir. Diğer taraftan elektrocerrahi ünitesi kablolarının, cerrahın koluna 1 cm' den daha yakın olması veya temas etmesinin mümkün olduğu unutulmamalıdır.

**Tablo 4.3.** İndüklenen elektrik alan (Sağlık etkili MSD'nin yüzdesi olarak)

Doku	İndüklenen elektrik alan ( $\text{mVm}^{-1}$ ) <sup>1</sup>	Sağlık etkili MSD'nin yüzdesi
Kemik	628	% 0,60
Yağ	493	% 0,47
Deri	461	% 0,44
Bayın	146	% 0,14
Omurilik	275	% 0,26
Retina	103	% 0,10

<sup>1</sup> 3 kHz ila 10 MHz aralığındaki frekanslarda, iç elektrik alan şiddeti için sağlık etkili maruziyet sınır değeri:  $105 \text{ Vm}^{-1}$  (RMS)

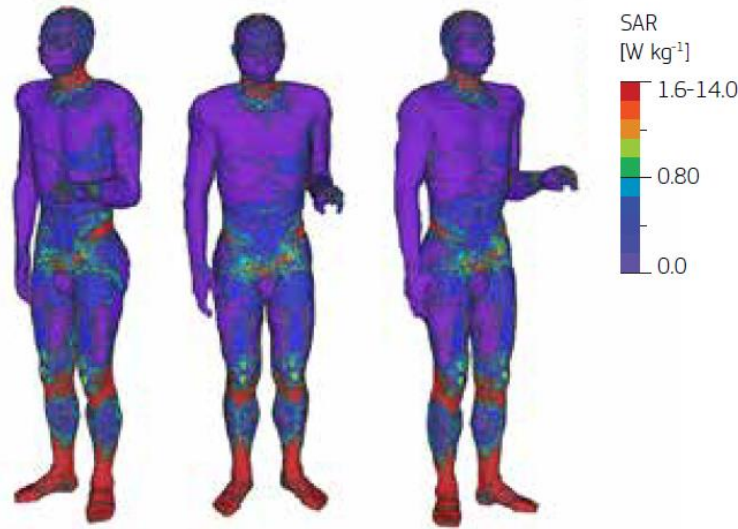


**Şekil 4.5.** 391 kHz elektrocerrahi kablosuna maruziyet sonucu indüklenen elektrik alanın, insan modeli üzerindeki dağılımı

Hem tüm vücut hem de bölgesel SAR değerleri de hesaplanmış olup bu değerler, Tablo 4.4.' de verilmiştir. Bu sonuçlar da cerrahın herhangi bir pozisyonunda maruziyet sınır değerlerin aşılmayacağını göstermektedir. Ayrıca Şekil 4.6.' da SAR'ın bir insan modelindeki dağılımı gösterilmiştir.

**Tablo 4.4.** Ele alınan pozisyon için en yüksek SAR değerleri ve bu değerlerin MSD'ler ile karşılaştırması

Pozisyon	SAR ( $Wkg^{-1}$ )	MSD ( $Wkg^{-1}$ )	MSD'nin yüzdesi
Tüm vücutta ortalama SAR	0,0338	0,4	8,4
Baş ve gövdede bölgesel pik 10g SAR	0,780	10	7,8
Uzuvlarda bölgesel pik 10g SAR	1,75	20	8,7



**Şekil 4.6.** Elektrocerrahi ünitesi tarafından üretilen 391 kHz alana maruz kalan insan modelinde özgül enerji soğurma oranı (SAR) dağılımı

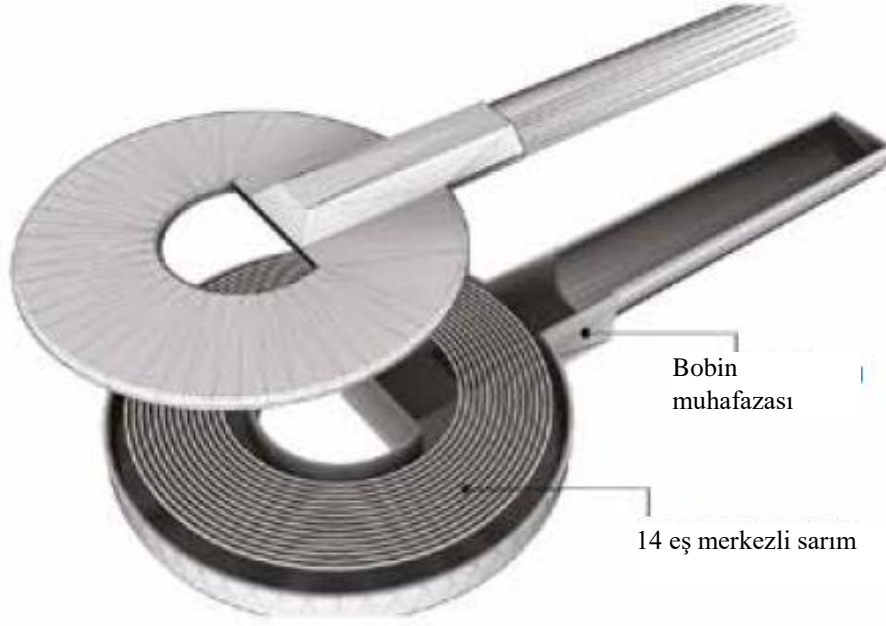
Sonuç olarak değerlendirmeyi gerçekleştiren ekip; cerrahın veya diğer hastane çalışanlarının maruziyet sınır değerleri aşan alanlara maruz kalma ihtimalinin düşük olduğu sonucuna varmıştır. Ancak, özellikle dönüş elektrotunun konumu yakınında hastanın, 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerini aşan alanlara maruz kalabileceğini fark etmişlerdir. Maruziyetin, tedavinin doğası gereği olduğu düşünülerek bir sorun olarak görülmemiş olmakla birlikte hastanın, vücuda yerleşik (implante) aktif tıbbi cihazı bulunup bulunmadığı da düşünülmelidir. Tespit edilen diğer bir potansiyel risk ise ameliyathanedeki hassas tıbbi cihazlarla elektromanyetik etkileşim olup bu etkileşim, tedavi probu bu cihazlara yakın konumlandırıldığı durumlarda meydana gelmektedir.

#### 4.6.2. Transkraniyal Manyetik Uyarım Cihazı

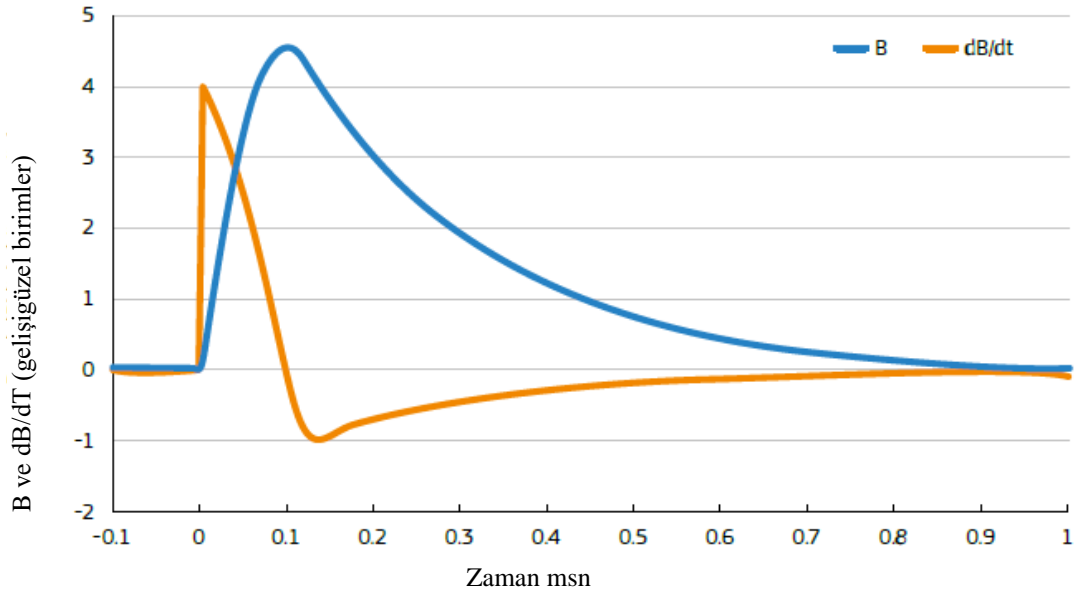
200 MAGSTIM TMS cihazı, biri dairesel bir bobin ve diğeri sekiz şekilde iki dairesel bobin içeren iki tip el parçasına sahiptir. Cihaz, tek bir darbe veya bir dizi darbe verecek şekilde klinisyen tarafından ayarlanabilmektedir.

Değerlendirme kapsamındaki ilk ölçümler, dairesel bobinin en yüksek manyetik alan seviyelerine yol açtığını göstermektedir. Bu bobin (Şekil 4.7.) plastik bir muhafaza içine yerleştirilmiş olup bobin

sargıları, düşük elektrik direnci ve yüksek termal iletkenlik özellikleri nedeniyle bakırdan yapılmıştır. Bobin, çapı 70 mm ila 122 mm arasında değişen 14 eş merkezli sargıdan oluşmaktadır. Ekip, jeneratör maksimum çıkışının %100'üne ayarlanmış ve tekli darbe modunda dairesel bobinin kullanıldığı durum için ölçümler gerçekleştirmiştir. Üretici, cihazın darbe özellikleri hakkında veri sağlamıştır (Şekil 4.8.).

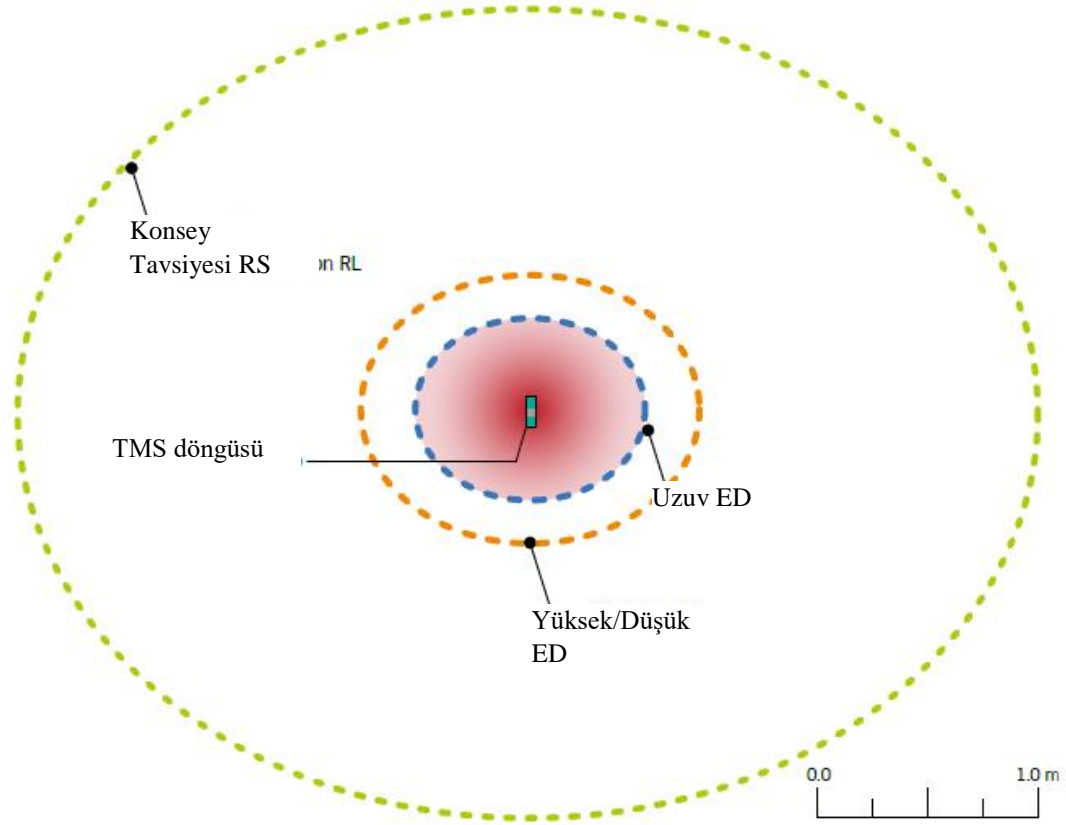


Şekil 4.7. Dairesel TMS bobini



Şekil 4.8. Üreticinin verilerinden tekli darbenin özellikleri

Beklendiği gibi, en yüksek alanlar doğrudan bobinin önünde ve ortasında ölçülmüş olup eylem değerleri ve 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerinin aşılabileceği alanlar Şekil 4.9.'da gösterilmektedir. Tipik operatör kullanım konumunda (el aletinin bobinin merkezinden 11 cm aşağıda tutulduğu durum) manyetik akı yoğunluğu, uzuv eylem değerinin %5600'ü olarak ölçülmüştür.



**Şekil 4.9.** Uzun eylem değeri (mavi), yüksek / düşük eylem değeri (kırmızı) ve TMS cihazı çevresinde 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerin aşılabildiği (yeşil) konturları gösteren plan

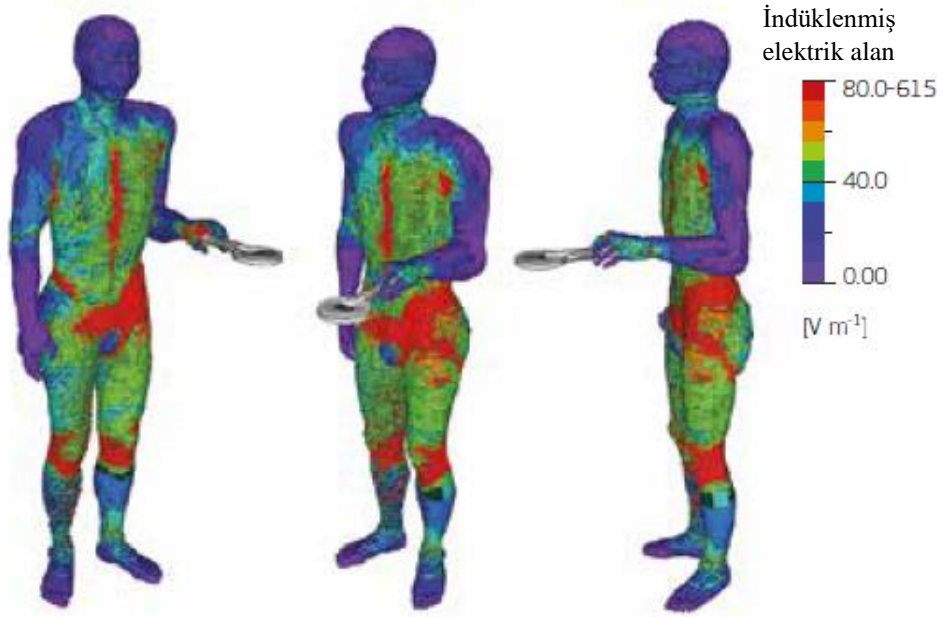
Not: Ölçüm belirsizliği  $\pm\% 10$ , sonuçlar doğrudan ED/RS ile karşılaştırılmıştır.

Ekip, klinisyenin maruziyetinin, eylem değerlerini aşma olasılığının yüksek olduğunu fark etmiştir. Ayrıca, klinisyenin potansiyel maruziyetinin, maruziyet sınır değerler açısından değerlendirmesi ise bilgisayar modellemesi ile gerçekleştirilmiştir. Modelleme; bobinin, klinisyenin gövdesinden 30 cm ve 15 cm uzakta tutulduğu iki tür kullanım pozisyonunda gerçekleştirilmiştir. Sonuç, maruziyet sınır değerlerin %35700'e kadar aşılabileceğini göstermiştir (Tablo 4.5.). Her iki pozisyon için bir insan modelinde indüklenen elektrik alanının dağılımı Şekil 4.10. ve 4.11.' de gösterilmiştir.

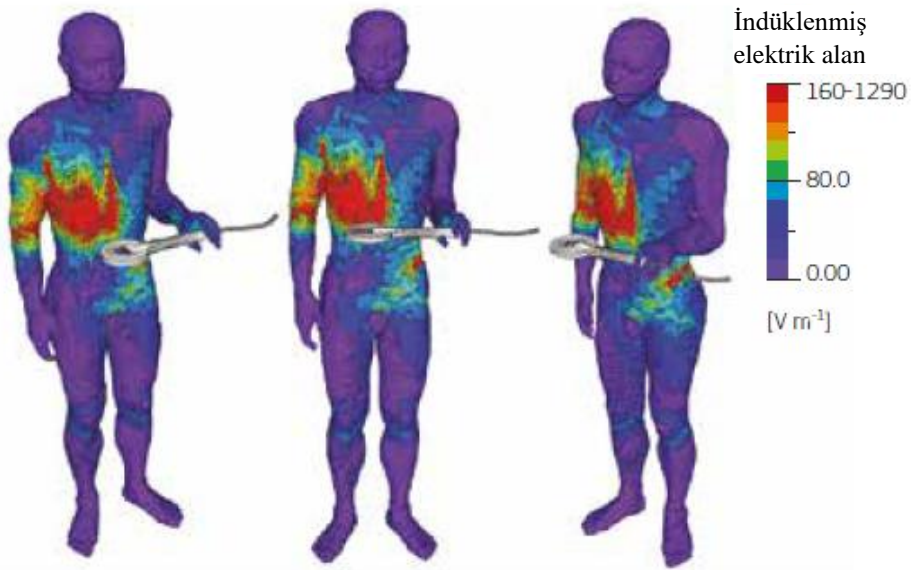
**Tablo 4.5.** İndüklenmiş elektrik alanının bilgisayarda modellenmiş değerleri ve MSD ile karşılaştırılması

Konum	İndüklenen elektrik alanı ( $Vm^{-1}$ )	Sağlık etkili MSD'nin yüzdesi <sup>1</sup>
Bobin gövdeden 30 cm uzakta	265 (kemik)	% 24100
Bobin gövdeden 15 cm uzakta	393 (kemik)	% 35700

<sup>1</sup> 1 Hz - 3 kHz aralığındaki frekanslarda iç elektrik alan gücü için sağlık etkili maruziyet sınır değeri:  $1,1 Vm^{-1}$  (tepe noktası)



**Şekil 4.10.** Bobin gövdeden 30 cm uzakta tutulduğunda TMS bobinine maruziyet sonucu indüklenen elektrik alanın insan modelinde dağılımı



**Şekil 4.11.** Bobin gövdeden 15 cm uzakta tutulduğunda TMS bobinine maruziyet sonucu indüklenen elektrik alanın insan modelinde dağılımı

Ekip, probun klinisyen tarafından belirli bir pozisyonda tutulduğu durumda, sağlık etkili maruziyet sınır değerinin neredeyse kesinlikle aşılabileceği sonucuna varmıştır. Vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazlarla etkileşim de potansiyel bir risk oluşturabileceğinden dikkate alınmalıdır. Bununla birlikte cihaz, hassas tıbbi ekipmanların bulunduğu alanlarda kullanılmadığından, diğer tıbbi cihazlarla etkileşim riski, elektrocerrahi ünitesine kıyasla daha düşük olarak kabul edilmiştir.



### 4.6.3. Kısa Dalga Diyatermi

Ekip tarafından hastanedeki kısa dalga diyatermi ünitelerinde değerlendirme yapılmamış olmakla birlikte, bu ünitelerin; fizyoterapist ve muhtemelen diğer çalışanlar için yüksek maruziyete neden olabileceği bilinmektedir. Diğer sağlık kuruluşlarında benzer cihazlar üzerinde yapılan değerlendirmeler, kapasitif kısa dalga diyatermi cihazlarından yaklaşık 2 m ve endüktif kısa dalga diyatermi cihazlarından ise 1 m uzakta dahi eylem değerlerinin aşılabileceğini göstermektedir. Ekip, söz konusu cihazların hastanede tekrar kullanıma alınacak olması halinde maruziyetin tekrar değerlendirilmesinin gerekli olacağını not etmiştir. Çünkü bu durum, fizyoterapistlere güvenli çalışma uygulamaları (örneğin güvenli çalışma mesafeleri) konusunda tavsiyede bulunabilmek ve 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerinin, özel risk altında bulunan çalışanların girebileceği alanlarda aşılp aşılamayacağını belirleyebilmeleri için önemlidir.

## 4.7. Risk Değerlendirmesi

Sağlık fiziki ekibi tarafından, Avrupa İş Sağlığı ve Güvenliği Ajansı'nın çevrimiçi risk değerlendirme aracı olan OiRA'da önerilen metodoloji ile tutarlı olarak hastanede, elektrocerrahi ünitesi (Tablo 4.6.) ve TMS cihazı (Tablo 4.7.) için ölçümlere dayalı bir risk değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Bu değerlendirmede şu sonuçlara varılmıştır:

### 4.7.1. Elektrocerrahi Ünitesi

- Bu ünitenin kullanımının, cerrah veya diğer hastane çalışanları için maruziyet sınır değerleri aşan etkilenimlere yol açma olasılığı düşüktür,
- Ancak ünitenin bulunduğu alan içerisinde, vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazlar ve diğer hassas tıbbi ekipmanlar ile elektromanyetik etkileşim potansiyeli bulunmaktadır.

### 4.7.2. Transkraniyal Manyetik Uyarım Cihazı

- Bu ünitenin kullanımının, potansiyel olarak önemli bir farkla, klinisyen ve muhtemelen diğer hastane çalışanları için maruziyet sınır değerleri aşan etkilenimlere yol açma olasılığı mevcuttur,
- Aktif tıbbi cihazlarla elektromanyetik etkileşim potansiyeli söz konusudur,
- Cihaz, hassas tıbbi ekipmanların yakınında kullanılmadığından, elektromanyetik parazit oluşturma potansiyeli düşüktür.

Bu değerlendirmeden hareketle, hastanede bir eylem planı oluşturulmuş ve risk değerlendirmesi çalışması dokümanite edilmiştir.

**Tablo 4.6.** Elektrocerrahi ünitesi için elektromanyetik alanlara özgü risk değerlendirmesi

Tehlikeler	Mevcut koruyucu ve önleyici tedbirler	Risk altındakiler	Şiddet			Olabilirlik			Risk derecesi	İlave koruyucu ve önleyici tedbirler
			Düşük	Ciddi	Ölümcül	Beklenmedik	Olası	Mümkün		
Elektromanyetik alanların doğrudan etkileri	Modelleme, maruziyet sınır değerlerin çalışanlar için aşılmayacağını göstermiştir.	Cerrah ve cerrahi ekibin diğer üyeleri	✓			✓			Düşük	Gerekli değil
Vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazlar ve diğer hassas tıbbi ekipmanlar üzerindeki etkisi yönünden elektromanyetik alanların dolaylı etkileri	Yok	Cerrah ve cerrahi ekibin diğer üyeleri  Hastalar		✓			✓		Düşük	Hassas tıbbi ekipmanlar ile potansiyel etkileşim riski konusunda çalışanlara tavsiyede bulunulmalı  Tıbbi ekipmanlar ile etkileşim söz konusu olduğunda durum, çalışanlarca sağlık fiziki ekibine bildirilmeli  Güvenli kullanım için aktif elektrot (tedavi probu) ve kabloların, vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazlar ve diğer hassas tıbbi ekipmanlar ile minimum mesafeleri hakkında cerrahlara, sağlık fiziki ekibi tarafından tavsiyelerde bulunulmalı

**Tablo 4.7.** Transkraniyal manyetik uyarım cihazı (TMS) için elektromanyetik alanlara özgü risk değerlendirmesi

Tehlikeler	Mevcut koruyucu ve önleyici tedbirler	Risk altındakiler	Şiddet			Olabilirlik			Risk derecesi	İlave koruyucu ve önleyici tedbirler
			Düşük	Ciddi	Ölümcül	Beklenmedik	Olası	Mümkün		
<p>Elektromanyetik alanların doğrudan etkileri:</p> <p>Cihazı kullanan klinisyen için sağlık etkili maruziyet sınır değerleri aşılabılır.</p> <p>1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleri, probdan 235 cm'ye kadar aşılabılır.</p>	Yok	Klinisyen  Özel risk altındaki çalışanlar (gebe çalışanlar)		✓			✓	Orta	<p>Gebe çalışanların cihazı doğrudan kullanmaları veya cihaz kullanımdayken odada bulunmaları engellenmeli</p> <p>Cihaza, uyarı bildiren işaretlerin yerleştirilmesi sağlanmalı</p> <p>Mümkünse, probun klinisyen tarafından tutulmasını engelleyecek şekilde bir stand monte edilmesi sağlanmalı</p>	
<p>Vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazlar ve diğer hassas tıbbi ekipmanlar üzerindeki etkisi yönünden elektromanyetik alanların dolaylı etkileri:</p> <p>1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleri, elektrotlardan 235 cm'ye kadar aşılabılır.</p>	Yok	Özel risk altındaki çalışanlar		✓		✓		Orta	<p>Çalışanlara tehlikeye ilişkin bilgi verilmeli</p> <p>Vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazlara sahip çalışanların cihazı doğrudan kullanmaları veya cihaz kullanımdayken odada bulunmaları engellenmeli</p> <p>Vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazı bulunan hastaların bu cihazla tedavi edilmesi engellenmeli</p> <p>Cihaza, uyarı ve yasak bildiren işaretlerin yerleştirilmesi sağlanmalı</p>	

## 4.8. Mevcut Önlemler

Ölçüme dayalı risk değerlendirmesinden önce elektromanyetik alanlara maruziyeti sınırlamak için alınan özel bir önlem bulunmamaktadır.

## 4.9. Değerlendirme Sonucunda Alınabilecek İlave Önlemler

Ölçüme dayalı risk değerlendirmesi ve cihazla ilgili tehlikelerin değerlendirilmesinden sonra hastane bir eylem planı geliştirmiş ve aşağıdaki ek önlemleri uygulamaya karar vermiştir:

### 4.9.1. Elektrocerrahi Ünitesi

- Çalışanlara, hassas tıbbi ekipmanlar ile potansiyel etkileşim riski konusunda tavsiyelerde bulunmak,
- Çalışanlardan, tıbbi cihazlarla herhangi bir etkileşim durumunu sağlık fiziyi ekibine bildirmelerini istemek,
- Sağlık fiziyi ekibince, klinisyenlere, tedavi probu ve kablolarının vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazlar ve diğer hassas tıbbi ekipmanlara güvenli minimum mesafeleri konusunda tavsiyelerde bulunmak.

### 4.9.2. Transkraniyal Manyetik Uyarım Cihazı

- Gebe çalışanların ve vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazı bulunan çalışanların, cihazı çalıştırması veya tedavi sırasında odada bulunmasını yasaklamak,
- Vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazı bulunan hastalar üzerinde tedavi uygulamamak,
- Güçlü manyetik alanların yanı sıra vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazı bulunanlar için ortamda yasak bildiren işaretleri yerleştirmek (Şekil 4.12.),
- Mümkünse, klinisyenin tedavi sırasında probdan daha uzakta durabilmesi için probu, standı monte etmek,
- Gerekirse, sağlık fiziyi ekibince, tedavi sırasında klinisyenin probdan uzak durmasını sağlamak amacıyla uzaktan kullanılabilir bir cihaz tasarlamayı düşünmek.



Şekil 4.12. Güçlü manyetik alanlar için uyarı bildiren işaret ve vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazı bulunanlar için yasak bildiren işaretin gösterimi

### 4.9.3. Kısa Dalga Diyatermi

- Sağlık fiziği ekibince, kısa dalga diyaterminin kullanıldığı tedavi öncesinde, fizyoterapistleri bilgilendirmek ve gerekirse uygun kontrol önlemlerini uygulamak.

## 5. MÜHENDİSLİK ATÖLYESİ

### 5.1. İşyeri

Bir mühendislik şirketi, EMA Direktifinin uygulanmasından nasıl etkileneceklerini değerlendirmek istemiştir. Şirket, mühendislik atölyesinde aşağıdakiler de dahil olmak üzere çeşitli elektrikli ekipmanlara sahiptir:

- Manyetik parçacık kontrol ünitesi,
- Demanyetizör,
- Yüzey taşlama makinesi,
- Sac giyotin,
- Bant testere,
- Elektrikli demir testeresi,
- Doğrama testeresi,
- Freze makinesi (motor),
- Ayaklı matkap,
- Sıcak tel şerit ısıtıcı,
- Tornalar,
- El matkabı,
- Öğütme tekerleği.

### 5.2. İşin Niteliği

Şirket, tahribatsız muayene için kullanılan manyetik parçacık kontrol ünitesi ve bileşenlerin manyetikliğini gidermek için kullanılan demanyetizör gibi bazı ekipmanların elektromanyetik alan kaynakları olduğunun farkındadır. Bununla birlikte şirket, kullanılan diğer araçların önemli düzeyde elektromanyetik alan yayıp yaymadığını da anlamak istemiştir.

### 5.3. Uygulama Nasıl Kullanılır

#### 5.3.1. Manyetik Parçacık Kontrol Ünitesi

Manyetik parçacık kontrol ünitesi (Şekil 5.1), metalik bileşenlerin tahribatsız muayenesinde kullanılmaktadır. Kontrol sırasında, ferromanyetik parçayı mıknatıslamak için bir akım uygulanır ve parçanın yüzeyindeki kusurlar, akım tarafından üretilen manyetik alanı bozar. Uygun bir ışık kaynağı altında incelendiğinde, parçanın yüzeyine uygulanan ferromanyetik boya, parça üzerindeki kusurların gözlemlenmesine izin verir. Parçanın kontrolünü gerçekleştiren çalışan genellikle ekipmana yakın çalışır.



**Şekil 5.1.** Manyetik parçacık kontrol ünitesi

### 5.3.2. Demanyetizör

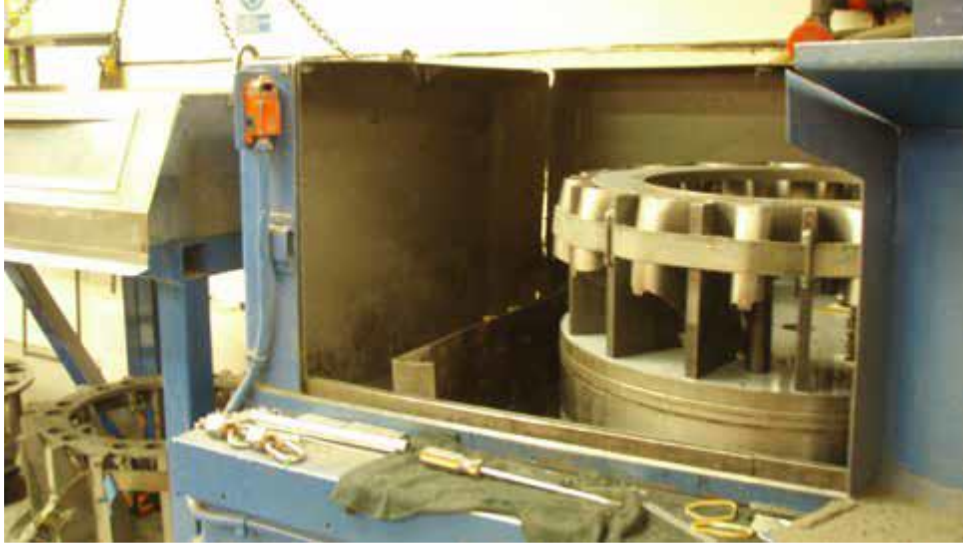
Şirkette, manyetik parçacık kontrol sürecini takiben metal bileşenlerin manyetikliğini gidermek için bir demanyetizör (Şekil 5.2.) kullanılmaktadır. Bileşenler, demanyetizör bobinin deliğinden geçen bir sürücü ve ray sistemine manuel olarak yüklenmektedir. Operatör, el ile sürücüdeki bileşeni itmektedir. Bileşen daha sonra demanyetizörün diğer tarafındaki alanda sürücüden boşaltılmaktadır.



**Şekil 5.2.** Kayar sürüclü demanyetizör

### 5.3.3. Yüzey Taşlama Makinesi

Yüzey taşlama makinesi (Şekil 5.3.), üzerine bileşenlerin sabitlendiği statik alan manyetik kilitleme tertibatına sahip bir döner tabla içermektedir. Manyetik kilitleme tertibatı, taşlama makinesi panelleri açıkken operatör tarafından etkinleştirilebilmektedir.



Şekil 5.3. Yüzey taşlama makinesi

### 5.3.4. Atölyede Kullanılan Diğer Araçlar

Şirkette aşağıda listelenen diğer araçlar, çeşitli çalışanlar tarafından düzenli olarak kullanılmaktadır;

- Sac giyotin,
- Bant testere,
- Elektrikli demir testeresi,
- Doğrama testeresi,
- Freze makinesi (motor),
- Ayaklı matkap,
- Sıcak tel şerit ısıtıcı,
- Tornalar,
- El matkabı,
- Öğütme tekerleği.

### 5.4. EMA' ya Neden Olan Ekipman Hakkında Bilgi

Makinelerin üreticileri tarafından sağlanan bilgiler, ekipmanın kalp pillerini etkileyebileceğini belirttiği için şirket, manyetik parçacık kontrol ünitesi ve demanyetizör ile ilişkili elektromanyetik alanlara dair tehlikelerin söz konusu olabileceğinin farkındaydı. Ancak, üretici tarafından sağlanan bilgiler, bu tehlikelere dair başka bir açıklama içermemekteydi. Şirket, atölyede kullanılan diğer araçlar hakkında elektromanyetik alanlara dair güvenilir bilgiler bulamamış olup bu ekipmanlar yönünden “Elektromanyetik Alan Üreten Kaynaklar ile Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Rehberi – Seri II’ de yer alan Tablo 1.2. ’deki listeyi incelemiştir. (Elektromanyetik Alan Üreten Kaynaklar ile

Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Rehberi – Seri II, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü Web Sitesi Yayınlar Ana Menüsü / Rehberler altında yer almaktadır. (<https://ailevecalisma.gov.tr/isggm/hizmetlerimiz/yayinlar/>).

Bu inceleme sonucunda, elektrikli el aletlerinin ve küçük elektrikli ekipmanların çoğunun elektromanyetik alanlara maruziyet açısından sorun teşkil etmeyeceğini anlamıştır.

### **5.5. Maruziyet Değerlendirmesi Yaklaşımı**

Manyetik parçacık kontrol ünitesi ve demanyetizör ile ilişkili EMA tehlikesine ilişkin bilgi eksikliği nedeniyle şirket, ayrıntılı bir değerlendirme yapmak üzere bir uzmandan destek almaya karar vermiştir.

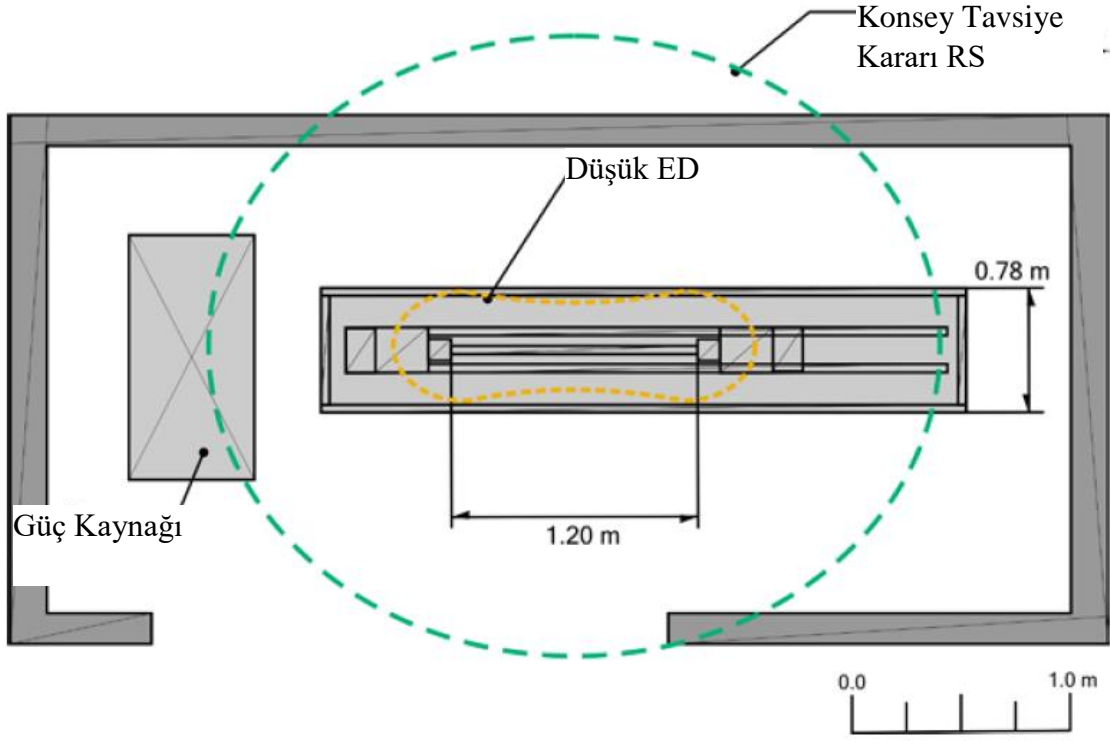
Uzman, eylem değerleri ile doğrudan karşılaştırmaya imkan tanıyan ve yüzde cinsinden sonuç veren yerleşik bir elektronik filtreye sahip bir alet kullanarak ekipman çevresindeki zamanla değişen manyetik akı yoğunluğunun ölçümlerini yapmıştır. Ayrıca, statik manyetik alanlar için, manyetik alan kuvveti cinsinden ölçüm alan üç eksenli bir Hall manyetometresi kullanmıştır.

### **5.6. Maruziyet Değerlendirmesinin Sonuçları**

#### **5.6.1. Manyetik Parçacık Kontrol Ünitesi**

Manyetik parçacık kontrol ünitesi tipik olarak 1 ila 4 kA arasında çalışmaktadır. Manyetik akı yoğunluğu ölçümleri, maksimum 10 kA ayarında çalışan ekipmanla yapılmıştır. Ekipman, akımın doğrudan iş parçasına uygulandığı radyal mıknatıslama modunda çalıştırılmıştır. Kontrol sırasında operatörün, iş parçasından 60 cm mesafede durduğu gözlemlendiğinden ölçümler bu pozisyonda alınmıştır. Düşük eylem değeri, operatörün bu konumunda aşılmamıştır. Ölçümler, ekipmanın etrafındaki çeşitli diğer pozisyonlarda da yapılmış ve sonuçlar, eylem değerleri ve 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleri ile karşılaştırılmıştır. Bu seviyeler, özel risk altında bulunan çalışanların maruziyeti için geniş bir gösterge olarak kullanılabilir. Eylem değerlerinin ve 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerinin aşılabileceği alanlar Şekil 5.4. 'de gösterilmiştir. Düşük eylem değeri için kontur, tamamen makine yatağında bulunurken, referans seviyelerine ilişkin kontur ise iş parçasından yaklaşık 1,5 m uzağa ve ünitenin standına bitişik alanlarda 0,4 m' ye kadar uzanmaktadır.





**Şekil 5.4.** Düşük eylem değeri (sarı) ve 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerinin (yeşil) aşılabileceği konturları gösteren plan görünümü

### 5.6.2. Demanyetizör

Demanyetizör etrafındaki manyetik alanların ölçümleri gerçekleştirmiş ve sonuçlar, Tablo 5.1.' de verilmiştir. Manyetik akı yoğunluğunun, mıknatıs tünelinin merkezinden 40 cm uzaklıkta düşük eylem değerini aşmadığı ancak mıknatısın düzlem yüzü ile aynı sınırdaki yüksek eylem değerini aştığı tespit edilmiştir. 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleri, mıknatıs tünelinin 1 m' si içinde aşılmıştır.

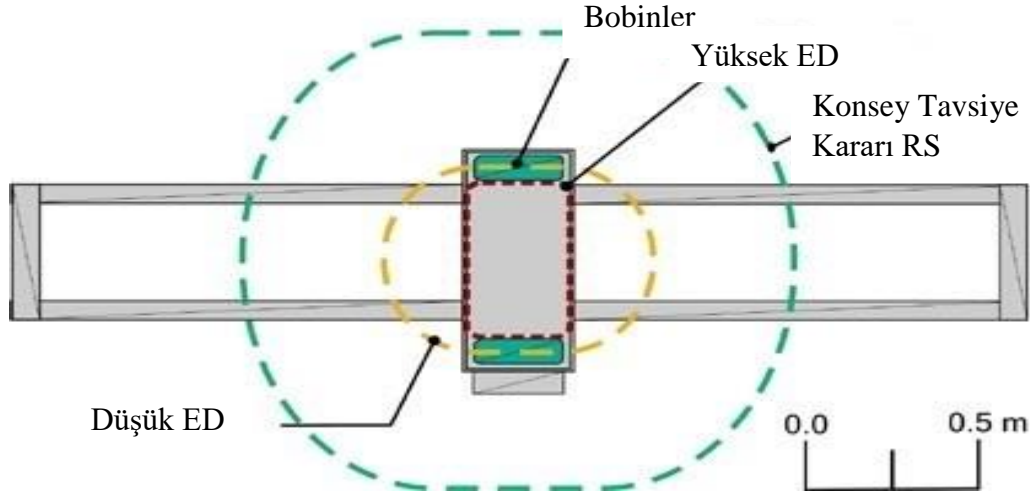
Eylem değerlerinin ve 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerinin aşılabileceği alanlar Şekil 5.5.' te gösterilmektedir.

**Tablo 5.1.** Demanyetizör çevresinde ölçülen manyetik akı yoğunlukları (EMA Direktifindeki eylem değerlerinin yüzdesi olarak ifade edilmiştir)

Ölçüm konumu	Ölçülen miktar		EMA Direktifi kapsamında maruziyet					
	Frekans (Hz)	Manyetik akı yoğunluğu ( $\mu T$ )	Düşük eylem değeri ( $\mu T$ )	Maruziyet (%)	Yüksek eylem değeri ( $\mu T$ )	Maruziyet (%)	Uzun eylem değeri ( $\mu T$ )	Maruziyet (%)
<b>Sürücü rayının operatör tarafı:</b>								
• Kontrol panelinin sağ tarafı yakınında	50	590	1 000	%59	6 000	%10	18000	% 3.3

• Mıknatıs boyunca ray kenarında	50	1 400	1 000	%140	6 000	%23	18000	%7.8
• Mıknatıs tünelinin merkezinden 40 cm uzakta	50	600	1 000	%60	6 000	%10	18000	%3.3
<b>Mıknatıs tünelinin merkezinden 1 m (demag ünitesinin yanına):</b>								
• Açık uç	50	70	1 000	%7.0	6 000	%1.2	18000	%0.4
• Kapalı uç	50	70	1 000	%7.0	6 000	%1.2	18000	%0.4
<b>Sürücü rayının uzak tarafı (kontrol paneli olmayan taraf):</b>								
• Mıknatıs tünelinin merkezinden 25 cm	50	3 200	1 000	%320	6 000	%53	18000	%18
• Mıknatıs tünelinin merkezinden 40 cm	50	600	1 000	%60	6 000	%10	18000	%3.3
• Mıknatıs gövdesinden 30 cm (İzolasyon anahtarı tarafı)	50	250	1 000	%25	6 000	%4.2	18000	%1.4
<b>Mıknatıs tüneli ekseninde, tramvay rayının üstünde:</b>								
• Mıknatısın düzlem yüzüyle aynı hizada (açık uç)	50	6 700	1 000	%670	6 000	%110	18000	%37
• Mıknatısın düzlem yüzüyle aynı hizada (kapalı uç)	50	6 700	1 000	%600	6 000	%100	18000	%33

Not: Cihaz, alan gücü modunda iken ölçümler yapılmış olup dalga formunda her zaman 50 Hz ana frekansın hakim olduğunu göstermiştir. Ölçüm belirsizliği  $\pm\%$  10 ve sonuçlar doğrudan ED' lerle karşılaştırılmıştır.



**Şekil 5.5.** Yüksek eylem değerinin (kırmızı), düşük eylem değerinin (sarı) ve 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerinin (yeşil) aşılabileceği konturları gösteren plan görünümü

### 5.6.3. Yüzey Taşlama Makinesi

Ölçümler, iş parçasını yerinde tutmak için manyetik bir kilitleme tertibatı içeren taşlama makinesinin etrafında yapılmıştır.

Ünite etrafındaki ölçümler, statik manyetik alanlar için maruziyet sınır değerlerin hiçbir konumda aşılmadığını göstermiştir. Bununla birlikte vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazlar için eylem değeri, manyetik kilit tertibatı yakınında aşılabilmektedir (Tablo 5.2.).

**Tablo 5.2** Vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazlar için manyetik akı yoğunluğunun eylem değerine düştüğü mesafe (0,5 mT)

Ekipman	Tablanın yan kenarından uzaklık	Tablanın üst kenarından uzaklık
Lumsden taşlama makinesi	15 santimetre	15 santimetre

Not: Ölçüm belirsizliği  $\pm\% 5$  ve sonuçlar doğrudan ED ile karşılaştırılmıştır.

### 5.6.4. Atölyede Kullanılan Diğer Ekipmanlar

Manyetik akı yoğunluğu ölçümleri atölyedeki diğer elektrikli aletler etrafında da yapılmış ve eylem değerlerinin hiçbirinin aşılmadığı görülmüştür. Tablo 5.3.' de listelenen araçlar için, manyetik akı yoğunluğu hiçbir konumda eylem değerlerini veya 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerini aşmamıştır. Tablo 5.4.' de listelenen araçlar için ise manyetik akı yoğunluğu, üniteye yakın bazı konumlarda Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerini aşmıştır.

**Tablo 5.3** Atölyede kullanılan ancak EMA tehlikesi olmayan ekipmanlar

<b>Ekipman</b>	<b>1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerinin yüzdesi</b>
Sac giyotin	%33
Bant testere	< %1
Güç testeresi	< %1
Freze makinesi	%50
Ayaklı matkap	%20
Sıcak tel şerit ısıtıcı	%20
Öğütme tekerleği	%20
Torna	%2

**Tablo 5.4.** Manyetik akı yoğunluğunun, 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerini aştığı ekipmanlar

<b>Ekipman</b>	<b>Yorumlar</b>
Kesme testeresi	Ekipmanın yüzeyinde %280
	Motordan 15 cm mesafede %100
	Operatör konumunda %20
Taşlama/parlatma makinesi	Ekipmanın yüzeyinde %350
	Ekipmandan 10 cm mesafede %100
El matkabı	Ekipmanın yüzeyinde %700
	Tipik gövde konumunda %300 (matkabın arkasından 7 cm)
	Matkabın arkasından 15 cm'de %100

### 5.7. Risk Değerlendirmesi

İş güvenliği uzmanı tarafından yapılan ölçüme dayalı değerlendirmeler kapsamında atölyedeki ekipmanlar için EMA'ya özgü risk değerlendirmeleri gerçekleştirilmiştir (Tablo 5.5. ila 5.9.). Bunlar, OiRA (EU-OSHA'nın çevrimiçi interaktif risk değerlendirme aracı) tarafından önerilen yöntemle tutarlıdır. Risk değerlendirmesinde şu sonuca varılmıştır;

- Manyetik parçacık kontrol ünitesi: Eylem değerleri, tipik operatör konumunda aşılmayacaktır. Özel risk altında bulunan çalışanların, çalışma alanının yaklaşık 1,5 m yakınında bulunmaları EMA maruziyeti yönünden tehlikeli olabilir.
- Demanyetizör: Çalışanların mıknatısa yakın durduğu konumda düşük eylem değeri aşılabılır. Özel risk altında bulunan çalışanların, mıknatısın yaklaşık 1 m yakınında bulunması, EMA maruziyeti yönünden tehlikeli olabilir.
- Yüzey taşlama makinesi: Özel risk altında bulunan çalışanların, manyetik kilit tertibatının

yaklaşık 15 cm yakınında bulunması EMA maruziyeti yönünden tehlikeli olabilir. Ancak, çalışanın kendisini bu mıknatısın yakınına konumlandırabilmesi pek mümkün değildir.

- El matkabı: Özel risk altında bulunan çalışanların bu aleti kullanması EMA maruziyeti yönünden tehlikeli olabilir.
- Diğer araçlar: 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerini aşan alanlar, bazı ekipmanların çevresinde ölçülmüştür. Bununla birlikte, alanlar oldukça lokalize bulunduğundan, özel risk altındaki çalışanlara yönelik tehlikenin düşük olduğu sonucuna varılmıştır.

İşyeri, risk değerlendirmesi çalışmasının sonuçlarına göre bir eylem planı geliştirmiş ve bunu belgelemiştir.

**Tablo 5.5.** Manyetik parçacık kontrol ünitesi için EMA'ya özgü risk değerlendirmesi

Tehlikeler	Mevcut koruyucu ve önleyici tedbirler	Risk altındakiler	Şiddet			Olabilirlik			Risk derecesi	İlave koruyucu ve önleyici tedbirler
			Düşük	Ciddi	Ölümçül	Beklenmedik	Olası	Mümkün		
<p>Elektromanyetik alanların doğrudan etkileri:</p> <p>Makinenin yatağında düşük eylem değeri aşılabılır.</p> <p>1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleri, iş parçasından 1.5 m mesafeye kadar olan uzaklıklarda aşılabılır.</p>	<p>Tipik operatör konumu, iş parçasından 60 cm olup düşük eylem değerinin operatör konumunda aşılmaması gerekir.</p>	<p>Operatörler</p> <p>Diğer çalışanlar</p> <p>Özel risk altındaki çalışanlar (gebe çalışanlar)</p>	✓			✓			Düşük	<p>Operatörlere ve diğer çalışanlara yönelik bilgilendirme ve eğitim faaliyetleri</p> <p>Ekipman üzerinde, uyarı bildiren işaretlerin yerleştirilmesi</p> <p>Gebe çalışanların ekipmanı kullanmalarının veya ekipman çalışırken kabine erişimlerinin engellenmesi</p> <p>Standa erişilen alanda uyarı ve yasak bildiren işaretlerin yerleştirilmesi</p>
<p>Elektromanyetik alanların dolaylı etkileri:</p> <p>(Vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazlar üzerindeki</p>	<p>Vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazı bulunan çalışanların bu cihazı</p>	<p>Özel risk altındaki çalışanlar</p>		✓		✓			Düşük	<p>Tüm çalışanların tehlikeye ilişkin bilgilendirilmesi</p> <p>Saha güvenlik bilgilendirmesine</p>

etkiler yönünden)	kullanması engellenir.									uyarıların eklenmesi
1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleri, iş parçasından 1.5 m mesafeye kadar olan uzaklıklarda aşılabilir.										Standa erişilen alanda uyarı ve yasak bildiren işaretlerin yerleştirilmesi

**Tablo 5.6.** Demanyetizör için EMA' ya özgü risk değerlendirmesi

Tehlikeler	Mevcut koruyucu ve önleyici tedbirler	Risk altındakiler	Şiddet			Olabilirlik			Risk derecesi	İlave koruyucu ve önleyici tedbirler
			Düşük	Ciddi	Ölümöl	Beklenmedik	Olası	Mümkün		
<p>Elektromanyetik alanların doğrudan etkileri:</p> <p>Düşük eylem değeri, mıknatıstan 40 cm'ye kadar aşılabilir.</p> <p>1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleri, iş parçasından 1.5 m mesafeye kadar olan uzaklıklarda aşılabilir.</p>	Yok	<p>Operatörler</p> <p>Özel risk altındaki çalışanlar (gebe çalışanlar)</p>	✓				✓		Düşük	<p>Çalışanların maruziyetinin, düşük eylem değerini aşmasını önlemek için (ekipman kullanımda zorluk yaratmadıkça) koruma kurulması ve tekrarlı demanyetizör işlemlerinden bazılarının otomatikleştirilmesi</p> <p>Operatörlere ve diğer çalışanlara bilgilendirme yapılması ve eğitim verilmesi</p> <p>Uyarı bildirimleri</p> <p>1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerinin aşıldığı alanlara erişimin sınırlandırılması</p> <p>Gebe çalışanların sınırlandırılmış alanlara erişimlerinin yasaklanması</p>

										Erişimin sınırlandırıldığı alanların girişinde uygun uyarı ve yasak bildiren işaretlerin yerleştirilmesi
Elektromanyetik alanların dolaylı etkileri: (Vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazlar üzerindeki etkiler yönünden)  1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleri, miktardan 1 m mesafeye kadar aşılabilir.	Vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazı bulunan çalışanların bu cihazı kullanması engellenir.	Özel risk altındaki çalışanlar		✓		✓			Düşük	Tüm çalışanlara tehlikeye ilişkin bilgilendirme yapılması  Saha güvenlik bilgilendirmesine uyarıların eklenmesi  Erişimin sınırlandırıldığı alanların girişinde uygun uyarı ve yasak bildiren işaretlerin yerleştirilmesi

**Tablo 5.7.** Taşlama makinesi için EMA'ya özgü risk değerlendirmesi

Tehlikeler	Mevcut koruyucu ve önleyici tedbirler	Risk altındakiler	Şiddet			Olabilirlik			Risk derecesi	İlave koruyucu ve önleyici tedbirler
			Düşük	Ciddi	Ölümcül	Beklenmedik	Olası	Mümkün		
Statik manyetik alanlar için doğrudan etkiler	Yok  Maruziyet sınır değerler hiçbir konumda aşamaz.	Operatörler	✓			✓			Düşük	Gerekli değil
Statik manyetik alan için dolaylı etkiler: (Vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazlar üzerindeki etkiler yönünden)  Vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazlar için eylem değeri, manyetik kilit	Yok	Özel risk altındaki çalışanlar		✓		✓			Düşük  Herhangi bir çalışanın kendini manyetik kilit tertibatına o kadar yaklaştırması pek olası değildir.	Ekipmanın operatörlerine, tehlikeye ilişkin bilgilendirme yapılması  Vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazı bulunan çalışanların paneller açıkken makine ile çalışmasının yasaklanması

tertibatına 15 m mesafeye kadar olan uzaklıklarda aşılabilir.										Ekipman üzerinde uygun uyarı ve yasak bildiren işaretlerin yerleştirilmesi
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**Tablo 5.8.** El matkabı için EMA'ya özgü risk değerlendirmesi

Tehlikeler	Mevcut koruyucu ve önleyici tedbirler	Risk altındakiler	Şiddet			Olabilirlik			Risk derecesi	İlave koruyucu ve önleyici tedbirler
			Düşük	Ciddi	Ölümöl	Beklenmedik	Olası	Mümkün		
Elektromanyetik alanların doğrudan etkileri:  1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleri, matkabın arkasından 15 cm mesafeye kadar olan uzaklıklarda aşılabilir.	Yok	Operatörler  Özel risk altındaki çalışanlar (gebe çalışanlar)	✓					✓	Düşük	Gebe çalışanların el matkabını kullanmalarının yasaklanması  Çalışanlara, bu ekipmanla çalışmaya ilişkin tehlikelere dair bilgilendirme yapılması
Elektromanyetik alanların dolaylı etkileri: (Vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazlar üzerindeki etkiler yönünden)  1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleri, matkabın arkasından 15 cm mesafeye kadar olan uzaklıklarda aşılabilir.	Yok	Özel risk altındaki çalışanlar		✓				✓	Düşük	Vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazı bulunan çalışanların bu ekipmanla çalışmasının yasaklanması  Çalışanlara, bu ekipmanla çalışmaya ilişkin tehlikelere dair bilgilendirme yapılması



**Tablo 5.9.** Diğer elektrikli ekipmanlar için EMA' ya özgü risk değerlendirmesi

Tehlikeler	Mevcut koruyucu ve önleyici tedbirler	Risk altındakiler	Şiddet			Olabilirlik			Risk derecesi	İlave koruyucu ve önleyici tedbirler
			Düşük	Ciddi	Ölümctül	Beklenmedik	Olası	Mümkün		
Elektromanyetik alanların doğrudan etkileri:  1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleri, ekipmana çok yakın lokal bölgelerde aşılabilir.	Yok	Operatörler  Özel risk altındaki çalışanlar (gebe çalışanlar)	✓			✓			Düşük  Bir çalışanın bu ekipmana çok yakın konumda bulunması pek olası değildir.	Gerekli değil
Elektromanyetik alanların dolaylı etkileri: (Vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazlar üzerindeki etkiler yönünden)  1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleri, ekipmana çok yakın yerlerde aşılabilir.	Yok	Özel risk altındaki çalışanlar		✓						Gerekli değil

### 5.8. Mevcut Önlemler

İşyerinde gerçekleştirilen risk değerlendirmesinden önce çok az önlem alındığı görülmüş olup bu önlemler, manyetik parçacık kontrol ünitesi veya demanyetizörün, vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazı bulunan çalışanlar tarafından kullanılmasının yasaklanması ile sınırlıdır.

### 5.9. Değerlendirme Sonucunda Alınabilecek İlave Önlemler

Ölçüme dayalı risk değerlendirmesi sonucunda ve ekipmanla ilgili tehlikelerin değerlendirilmesinden sonra şirket bir eylem planı geliştirmiş ve aşağıdakileri uygulamaya karar vermiştir:

- Demanyetizör üzerindeki mıknatıs tünelinin her tarafına nispeten küçük ve metalik olmayan (perspex) dört ekran takılmalıdır. Bunlar; önemli bir tıkanıklığa neden olmayacak şekilde içe doğru açılı nitelikte ve tüm noktalarda mıknatıs tünel açıklığından yaklaşık 40 cm uzakta olmalıdır.
- Robotik taşıma hücreleri ve konveyör bantlar kullanılarak tekrarlı manyetiklik giderme işlemlerinden bazıları otomatik hale getirilmelidir (Şekil 5.6.). Bu tedbirin ayrıca, 90/269/EEC sayılı AB Direktifinin gerekliliklerine uygun olarak elle taşıma işleri açısından da ek faydaları mevcuttur.
- 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerinin aşılabileceği ekipmanların üzerinde ve alanların girişinde uygun olan yerlerde, uyarı ve yasak bildiren işaretler yerleştirilecektir. Örnek işaretler, Şekil 5.7.' de verilmiştir.
- Operatörlere farkındalık eğitimi verilmeli ve risk değerlendirmesi ile uygun koruma ve önleme tedbirlerinin bulgularına aşına olmaları sağlanmalıdır.
- Ziyaretçiler ve yükleniciler de dahil olmak üzere tüm çalışanların, özel risk altındaki çalışanlara yönelik risklerden haberdar olmasını sağlamak amacıyla uygun prosedürler geliştirilmelidir.

Robot

Demanyetizör



**Şekil 5.6.** Robotik taşıma hücresinde konveyör bantlı otomatik demanyetizör

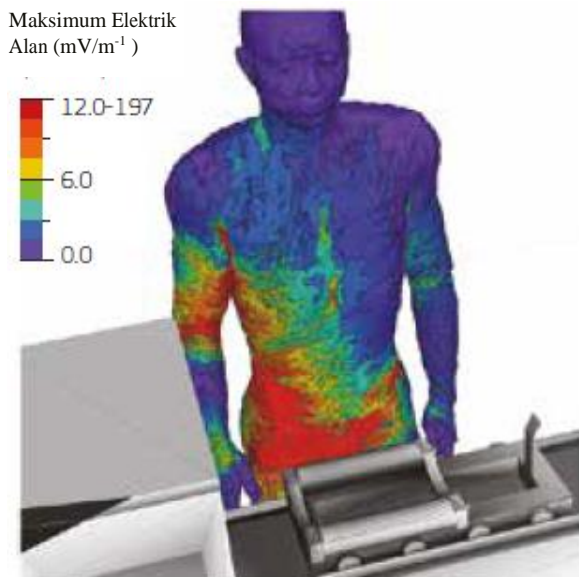


Şekil 5.7. Uyarı ve yasak bildiren işretilere ilişkin örnekler

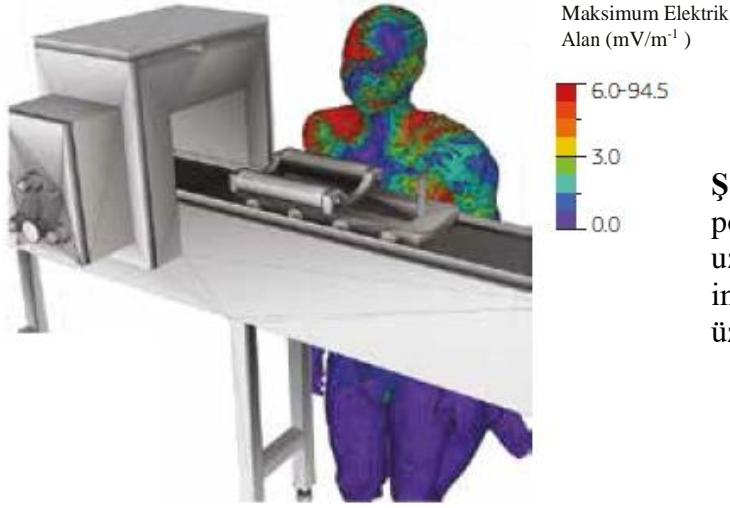
### 5.10. Daha Fazla Bilgi

Demanyetizör etrafındaki ölçüm sonuçlarına dayanan bilgisayar modellemesi, eylem değerlerinin aşılmasına rağmen indüklenen elektrik alanların, maruziyet sınır değerleri ile uyumlu olduğunu göstermiştir. Aşağıda listelenen üç maruziyet durumu için indüklenen elektrik alanlar, düşük maruziyet sınır değerinin % 5 ila % 54' ü arasında değişmektedir.

- Konum 1' de dik duruş pozisyonunda, mıknatısın tüneline 25 cm uzaklıkta (Şekil 5.8a.),
- Konum 1' de diz çökme pozisyonunda, mıknatısın tüneline 25 cm uzaklıkta (Şekil 5.8b.),
- Konum 2' de tünel üzerine eğilmiş pozisyonda, mıknatısın tüneli ile aynı hizada (Şekil 5.8c.).

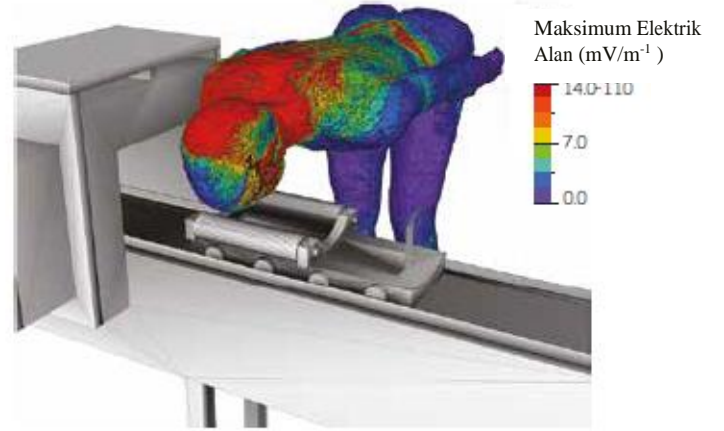


Şekil 5.8a. Konum 1' de dik duruş pozisyonunda, mıknatısın tüneline 25 cm uzaklıkta, demanyetizöre maruziyet sonucu indüklenen elektrik alanının insan modeli üzerindeki dağılımı



**Şekil 5.8b.** Konum 1' de diz çökme pozisyonunda, mıknatısın tüneline 25 cm uzakta, demanyetizöre maruziyet sonucu indüklenen elektrik alanın insan modeli üzerindeki dağılımı

**Şekil 5.8c.** Konum 2' de tünel üzerine eğilmiş pozisyonda, mıknatısın tüneli ile aynı hizada, demanyetizöre maruziyet sonucu indüklenen elektrik alanın insan modeli üzerindeki dağılımı



## 6. OTOMOTİV

### 6.1. İşyeri

Bu vaka çalışması, bir karoser tamirhanesinde kullanılan el tipi spot kaynakçaları ve indüksiyonlu ısıtıcıları kapsamaktadır. Küçük veya orta ölçekli işletmeler için olmasa da, punta kaynakların, önde gelen bir uluslararası araç üreticisi tarafından kullanımı Başlık 6.11. altında ele alınmıştır.

### 6.2. İşin Niteliği

El tipi spot kaynak makineleri (Şekil 6.1.) ve indüksiyonlu ısıtıcılar (Şekil 6.3.), metale kaynak yapmak veya ısıtmak için uygulanan büyük elektrik akımları tarafından üretilen zamanla değişen güçlü manyetik alanlar nedeniyle tehlike oluşturabilmektedir. Bu vaka çalışması, genellikle karoser tamirhanelerinde kullanılan iki spot kaynağı ve üç indüksiyonlu ısıtma sistemini ele almaktadır.



**Şekil 6.1.** Yeni bir paneli yerine sabitlemek için kullanılan el tipi spot kaynağı

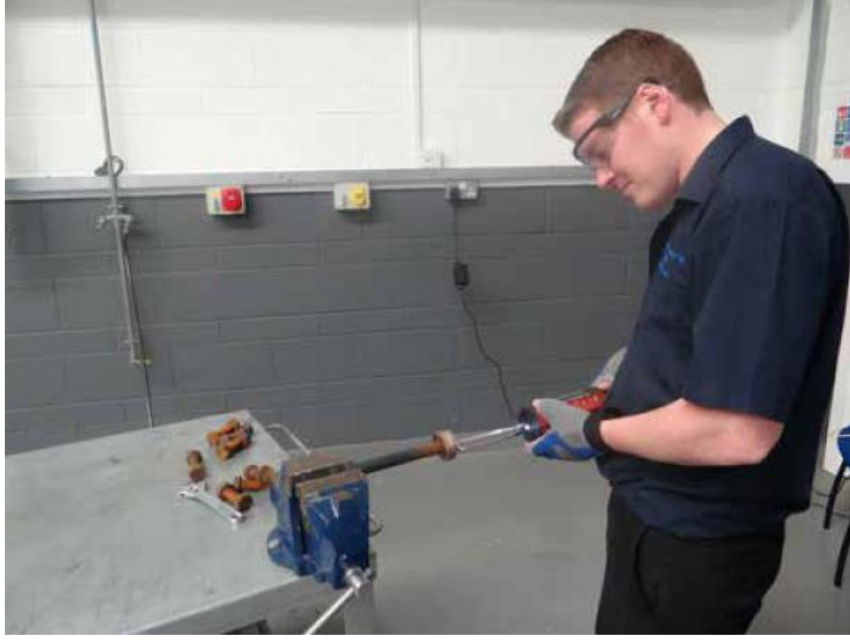
### 6.3. Uygulama Nasıl Kullanılır

Çoğu modern araç, ana bileşenlerin daha sonra sabitlendiği tek bir kabuk oluşturmak için panellerin birbirine kaynaklanmasıyla üretilir. Çoğu zaman kaynaklar, nokta kaynakçılar tarafından yapılmaktadır. El tipi punta kaynak makineleri, elektrik ve soğutma sistemlerini barındıran bir kontrol ünitesine bağlı bir kaynak tabancasından oluşmaktadır. Tabanca, punta kaynağını üretmek için iki şekilli bakır alaşımlı elektrot kullanır. Elektrotların boyutu, kaynak yapılacak kaporta üzerindeki noktanın konumuna bağlı olarak değiştirilebilmektedir. Kaporta tamir atölyesinde kullanılan kaynakçıların bir örneği Şekil 6.2.'de gösterilmektedir.



**Şekil 6.2.** Tipik bir karoser tamir atölyesi el tipi punta kaynağı. Sistem tekerlekli kontrol ünitesi ile hareketlidir. Elektrik ve soğutma suyu besleme kabloları ünitenin önünden ayrılır ve tutucuda kontrol panelinin solunda bulunan kaynak tabancasının arkasına beslenir

Araçların servis hizmetleri veya onarımı sırasında, korozyon nedeniyle çalışanların genellikle metal parçaları ayırmak için ısıtmaları gerekmektedir. İndüksiyonlu ısıtıcılar, içinden düşük frekanslı alternatif bir akımın geçtiği bir elektromanyetik bobinden oluşmaktadır. Bobin etrafında oluşan manyetik alan, hedef cisim içinde girdap akımları olarak adlandırılan elektrik akımlarını indükler ve bu akımlara karşı direnç, nesnenin ısınmasına neden olur. Bu atölyede kullanılan ısıtıcıların bir örneği Şekil 6.3.' de gösterilmektedir.



**Şekil 6.3.** Sıkışmış bir civatayı ısıtmak için kullanılan 1 kW'lık bir el tipi indüksiyonlu ısıtıcı

#### 6.4. EMA'ya Neden Olan Ekipman Hakkında Bilgi

İki tamir atölyesinde, EMA riskleri yönünden değerlendirilen kaynakçıların birinde, 160 mm veya 550 mm kollarla donatılabilen bir “C tipi” tabanca ve 160 mm veya 550 mm elektrotlara sahip bir “X tipi” tabanca kullanılmaktadır. Farklı tabanca tipleri Şekil 6.4. ve 6.5.' de gösterilmiştir. Her iki kaynakçının kullandığı akım değerleri 7500A ila 12000A arasında olup 2 kHz frekansta çalışmaktadır. Bununla birlikte, “C-tipi” tabanca kaynak akımını beslemek için bir uzaktan transformatör kullanılırken, “X-tipi” tabanca içinde minyatür bir transformatör kullanılmıştır. Bunun anlamı, bu kaynakçı tipinde, çok daha büyük kaynak akımından ziyade 50/60 Hz şebeke beslemesinin, kontrol ünitesi ve tabanca arasındaki kablo boyunca geçmesidir. Bunun önemi, bu vaka çalışmasında daha sonra ele alınacaktır.



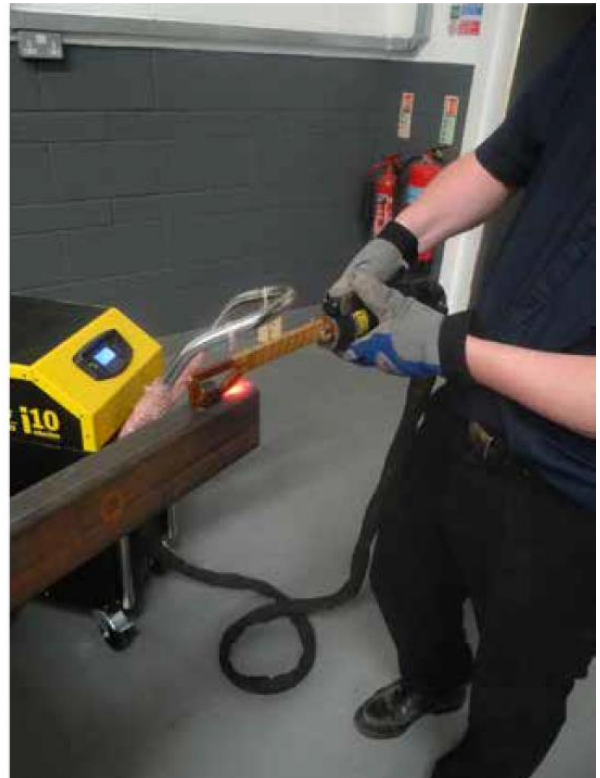
**Şekil 6.4.** Atölyede kullanılan 160 mm kol takılı “C-tipi” kaynak tabancası. Tabancanın ana gövdesi (çalışanın elinin altındaki kısım), bir elektrotu diğerine zorlayan bir piston içerir. Kaynak akımı, kontrol ünitesinden resmin solundaki kablolarla iletilmektedir.



**Şekil 6.5.** Atölyede kullanılan 550 mm' lik elektrotlar takılı "X tipi" kaynak tabancası. İki elektrot, kaynak akımını besleyen transformatörü de içeren tabancanın ana gövdesinde (çalışanın elleri arasındaki kısım) bir piston tarafından kısıkaç hareketiyle zorlanmaktadır.

Üç tamir atölyesinde, EMA riskleri yönünden değerlendirilen indüksiyon ısıtıcıları; 1, 4 ve 10 kW değerlerinde farklı güçlere sahiptir. 1 kW ısıtıcı 15 kHz' de, 4 ve 10 kW ısıtıcılar ise 17 ila 40 kHz arasında çalışmaktadır. 4 ve 10 kW ısıtıcılar tarafından kullanılan frekans, ısıtılan nesne ile maksimum bağlantı sağlamak için uygulanan akımın frekansını otomatik olarak ayarlayabildikleri için değişkendir.

1 kW ısıtıcı; transformatör ve ısıtma elemanını bir ünite de birleştiren tek bir el ünitesinden oluşmakta olup aktif soğutması yoktur (Şekil 6.3.). 4 ve 10 kW' lık ısıtıcıların ise ayrı bir güç ünitesi ve elde tutulan ısıtma elemanları mevcut olup aktif soğutma sistemlerine sahip değillerdir (Şekil 6.6.).



**Şekil 6.6.** Tamir atölyesinde, metal bileşenleri ısıtmak için kullanılan 4 kW (solda) ve 10 kW (sağda) induksiyonlu ısıtıcılar. Bu örneklerde transformatör; güç ünitesini ısıtma elemanına bağlayan elektrik ve soğutma suyu besleme kablolarıyla resimlerin solunda yer alan ayrı bir güç ünitesine yerleştirilmiştir. Kablolar her durumda çalışan tarafından tutulur. Burada örneği verilen iki ısıtıcı, Şekil 6.3.'te gösterilen çok daha basit 1 kW induksiyonlu ısıtıcı ile zıttır.

### 6.5. Maruziyet Değerlendirmesi Yaklaşımı

Otomotiv endüstrisinden bir temsilci kuruluş, üyelerinden bazılarının elektrikli kaynak ve ısıtma ekipmanı tedarikçisi olması nedeniyle EMA Direktifinin üyeleri üzerindeki etkileri konusunda bilgi edinmek istiyordu ve tamir atölyelerindeki spot kaynak makineleri ve induksiyon ısıtıcılarının, çalışanlar için EMA Direktifinin üçüncü maddesinin ikinci fıkrasındaki ilgili eylem değerlerini aşan maruziyetlere neden olabileceğini düşünüyorlardı. Bunun nedeni, hem spot kaynak makinelerinin hem de induksiyonlu ısıtıcıların yüksek akım kullanmaları ve çalışanların Şekil 6.1., 6.4., 6.5. ve 6.6.' da gösterildiği gibi bu ekipmanları, kullanım sırasında genellikle vücutlarına yakın tutmalarıdır.

Bu nedenle sektör temsilcisi kuruluş, elektromanyetik alanlara maruziyet konusunda üyelerine rehberlik sağlamak üzere bir Avrupa projesinde de yer alan uzman bir firmadan hizmet almaya karar vermiştir. Bu kapsamda, uzman firmanın, otomotiv teknik eğitim okulundaki bir dizi tamir atölyesinde kullanılan ekipmanları değerlendirmesi için düzenlemeler yapılmıştır. Yüklenici, bir izotropik (üç eksenli) prob kullanarak yukarıda tarif edilen kaynakçılar ve ısıtıcılar etrafında zamanla değişen manyetik akı yoğunluğunun ölçümlerini yapmıştır (Şekil 6.7.). Ölçüm cihazı, zaman ağırlıklı tepe yöntemi kullanılarak türetilen, EMA Direktifindeki eylem değerleriyle doğrudan karşılaştırmaya imkan tanıyan ve yüzde cinsinden sonuç veren bir yerleşik elektronik filtreye sahiptir.



**Şekil 6.7.** Tamir atölyesindeki “C tipi” tabanca ve 160 mm kol takılı punta kaynak makinesinin etrafında alınan ölçümler. Arka planda “X tipi” tabanca kaynak makinesi de bulunmaktadır



## 6.6. Maruziyet Değerlendirmesinin Sonuçları

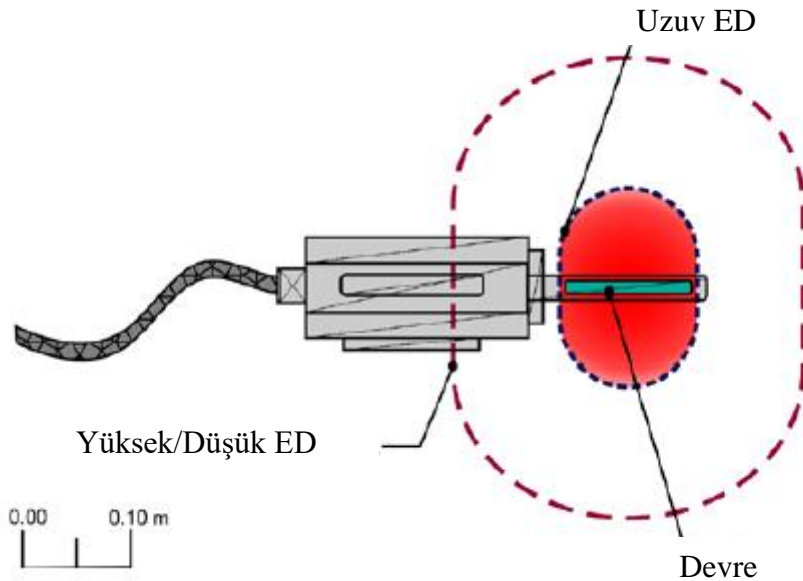
Uzman firma tarafından elde edilen ölçüm sonuçları ilerleyen şekiller ve tabloda gösterilmiştir. Her durumda, ölçümler; kaynakçı veya ısıtıcı, bir tamirhanede yapılan tipik işlere benzer bir şekilde kullanılırken alınmıştır. Her bir kaynak tabancası ve indüksiyon ısıtıcısının etrafındaki elektromanyetik alanın kapsamını belirlemek için yapılan ölçümlerde;

- EMA Direktifinde yer verilen eylem değerlerinin aşıldığı görülmüştür.
- Özel risk altındaki çalışanlar için bir sağlık ve güvenlik sorununa sebep olabilecek bu durum, 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleri bağlamında değerlendirilmektedir.

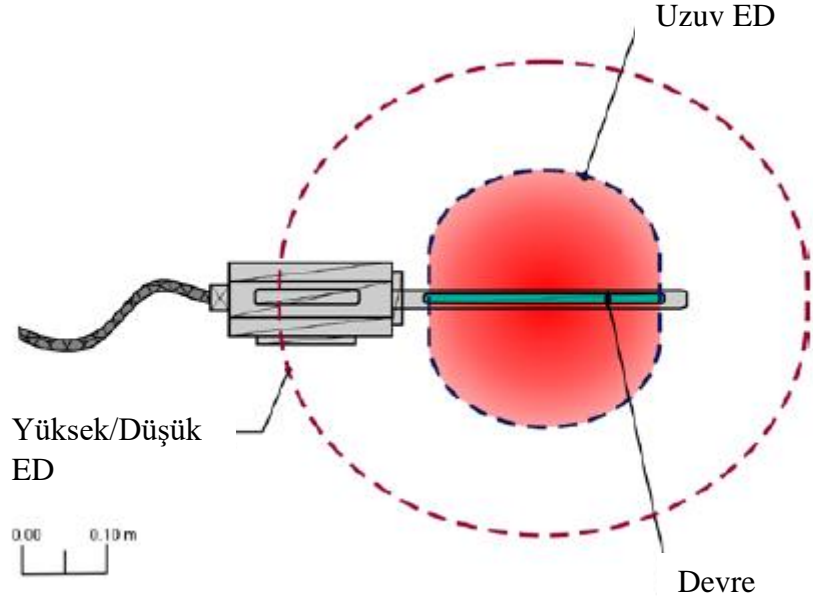
Punta kaynak makineleri ve indüksiyon ısıtıcılar 2 ila 36 kHz arasında çalışmaktadır. Bu frekans aralığında EMA Direktifindeki yüksek ve düşük eylem değerleri aynıdır. Bu nedenle, manyetik alan kuvvetinin ölçümü, eylem değerinin yüzdesi olarak gösterildiğinde, hem yüksek hem de düşük eylem değerlerinin yüzdesini temsil eder. Uygun olduğu hallerde, ölçümler, EMA Direktifindeki eylem değerlerinin yüzdesi olarak da verilebilmektedir.

### 6.6.1. Tamir Atölyesinde Punta Kaynakçıların Maruziyet Değerlendirmesinden Elde Edilen Sonuçlar

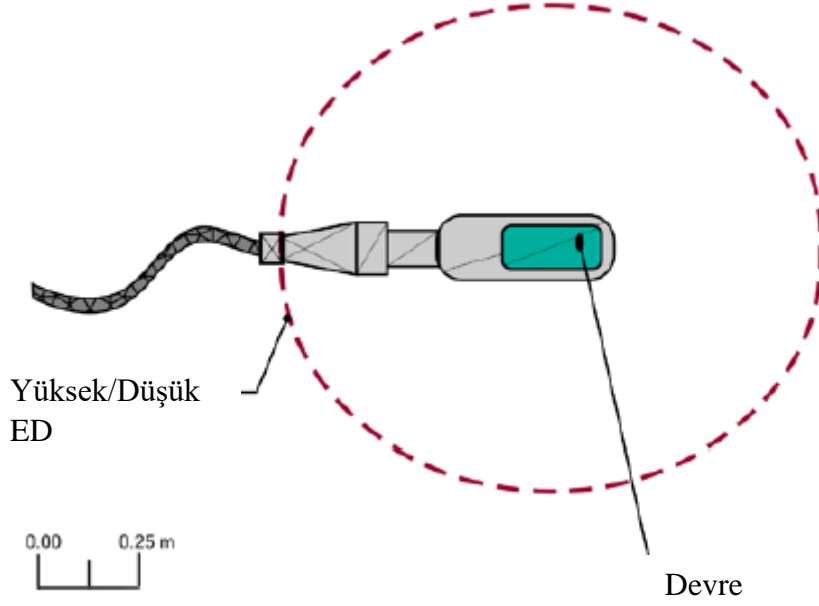
Şekil 6.8.'den 6.11.'e kadar, kaynak tabancasının çevresinde; EMA Direktifindeki uzuv eylem değeri veya yüksek ve düşük eylem değerlerinin biri veya her ikisinin de aşıldığı alanların kapsamı gösterilmektedir. Şekil 6.11. ayrıca, 550 mm' lik elektrotlar takıldığında "X tipi" tabancanın etrafındaki alanın, 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerini aştığı sınırları da göstermektedir. Her durumda, tabancaların etrafındaki konturlar ilgili seviyenin %100' ünü temsil etmekte olup mavi: uzuv eylem değerini, kırmızı: yüksek ve düşük eylem değerini, yeşil ise 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerini ifade etmektedir. Ek olarak, Tablo 6.1., "C tipi" kaynak tabancasının kablosu etrafında, ilgili eylem değerlerini aşan alanların kapsamını da göstermektedir.



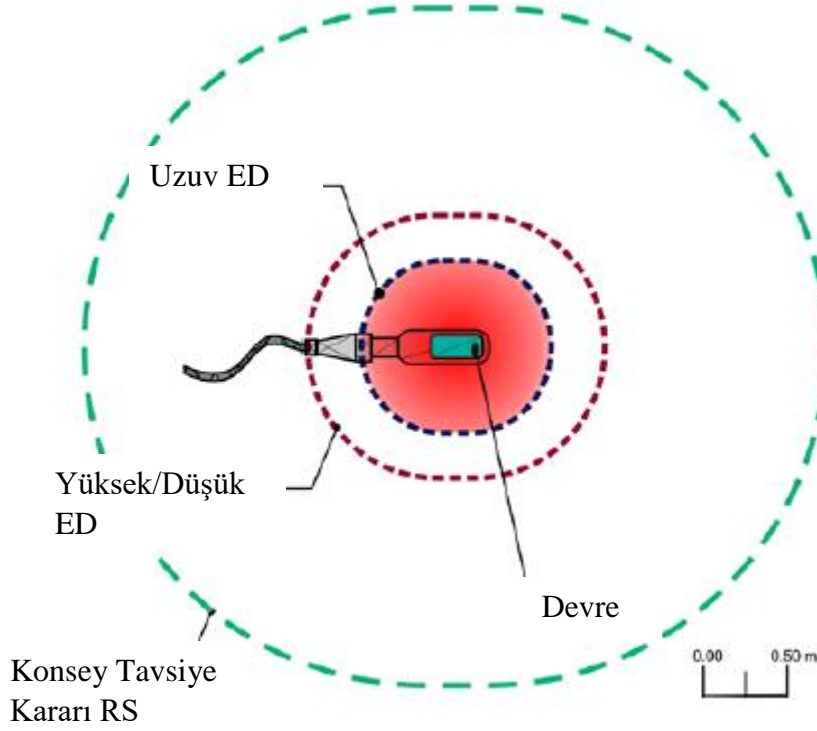
**Şekil 6.8.** Tamir atölyesinde, 160 mm' lik kol takılı "C tipi" tabancanın etrafında, uzuv eylem değeri (mavi) ile yüksek/düşük eylem değerlerinin (kırmızı) aşılabileceği konturu gösteren plan görünümü



**Şekil 6.9.** Tamir atölyesinde, 550 mm' lik kol takılı "C tipi" tabancanın etrafında, uzuv eylem değeri (mavi) ile yüksek/düşük eylem değerlerinin (kırmızı) aşılabileceği konturu gösteren plan görünümü



**Şekil 6.10.** Tamir atölyesinde, 160 mm' lik kol takılı "X tipi" tabancanın etrafında, yüksek/düşük eylem değerlerinin (kırmızı) aşılabileceği konturu gösteren plan görünümü



**Şekil 6.11.** Tamir atölyesinde, 550 mm'lik kol takılı "X tipi" tabanca etrafında, 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans değerlerinin (yeşil), uzuv eylem değerinin (mavi), yüksek/düşük eylem değerlerinin (kırmızı) aşılabilir konturları gösteren plan görünümü

**Tablo 6.1** "C tipi" kaynak tabancası ile kontrol ünitesi arasındaki kabloda ölçüm sonuçları

Kelepçe tipi	Akım (A)	Kablodan 10 cm uzaklıkta yüksek/düşük ED <sup>1</sup> yüzdesi	Kablodan 12 cm uzaklıkta yüksek/düşük ED <sup>1</sup> yüzdesi	Kablodan 8 cm uzaklıkta uzuv ED <sup>2</sup> yüzdesi
160 mm 'C-tipi'	8000	180	100	100

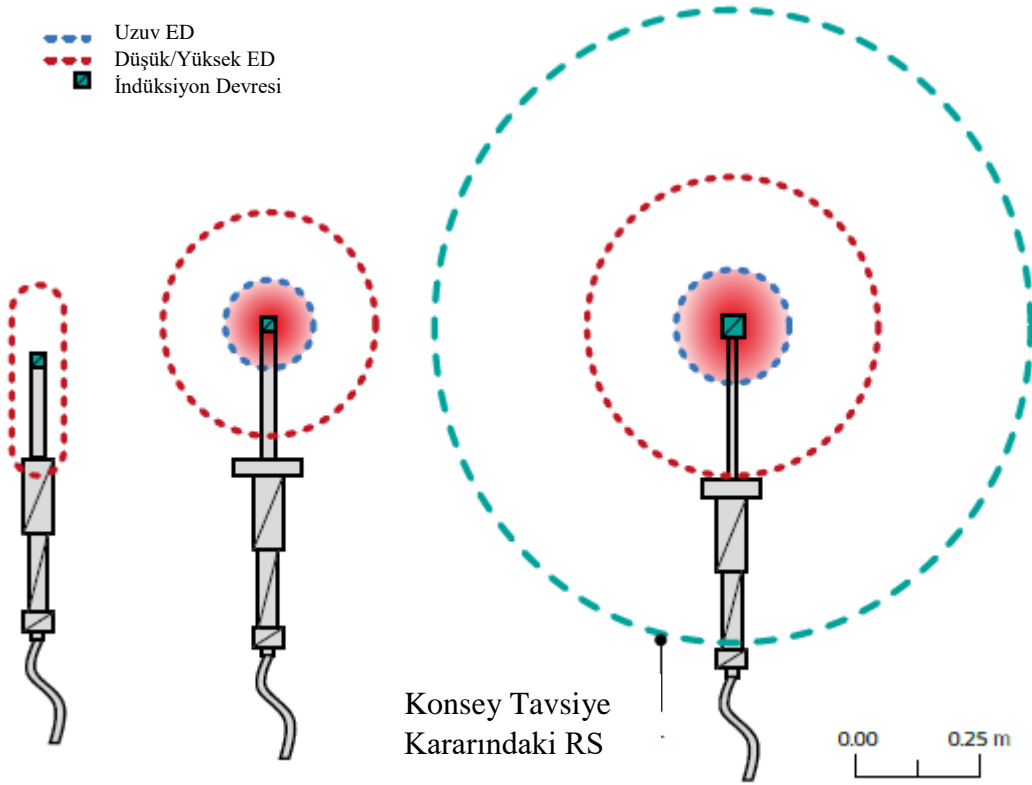
<sup>1</sup> 2 kHz frekans için manyetik akı yoğunluğu yüksek ve düşük eylem değerleri: 150 µT

<sup>2</sup> 2 kHz frekans için manyetik akı yoğunluğu uzuv eylem değerleri: 450 µT

Not: Ölçüm belirsizliği ±% 10 ve sonuçlar ED'lerin doğrudan yüzdeleri olarak alınmıştır.

#### 6.6.2. Kaporta Tamir Atölyesinde Kullanılan İndüksiyonlu Isıtıcıların Maruziyet Değerlendirmesinin Sonuçları

Şekil 6.12.; 1 kW ısıtıcı solda, 4 kW ısıtıcı ortada ve 10 kW ısıtıcı sağda olmak üzere üç indüksiyonlu ısıtıcının ısıtma elemanlarını göstermektedir. Tüm durumlarda, ısıtma elemanlarının etrafındaki konturlar ilgili değerin % 100' ünü temsil etmekte olup mavi renk EMA Direktifindeki uzuv eylem değerini, kırmızı renk EMA Direktifindeki yüksek ve düşük eylem değerlerini ve yeşil renk ise 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerini göstermektedir.

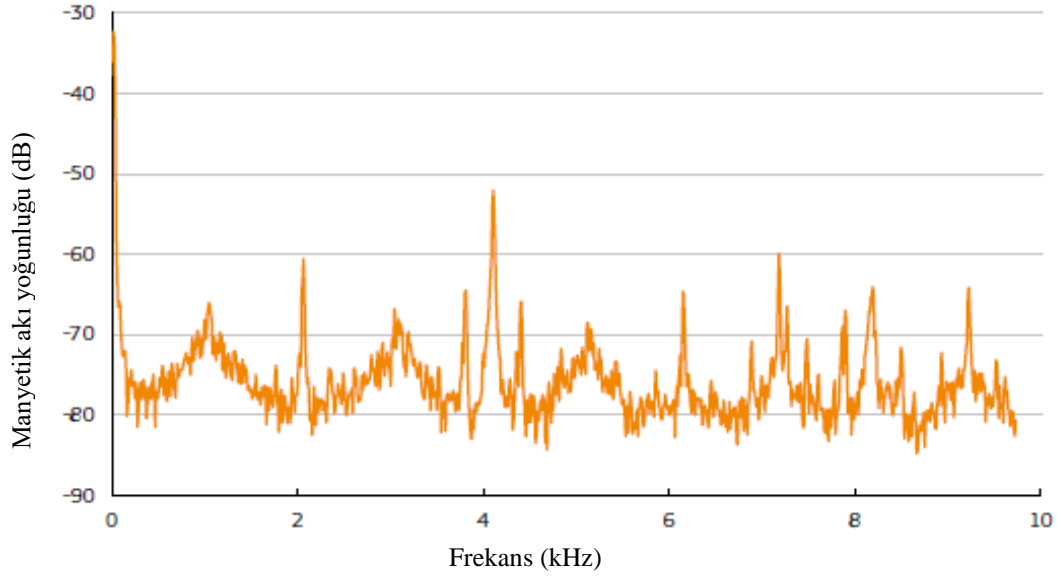


**Şekil 6.12.** Tamir atölyesinde kullanılan indüksiyonlu ısıtıcıların (soldaki 1 kW, ortadaki 4 kW ve sağdaki 10 kW) etrafındaki, uzuv eylem değeri (mavi), yüksek/düşük eylem değerleri (kırmızı) ve 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerin (yeşil) aşılabileceği konturları gösteren plan görünümü

### 6.7. Maruziyet Değerlendirmelerinin Sonuçları

Tabanca tipine bağlı olarak, EMA Direktifindeki uzuv eylem değeri, kaynak kelepçesinden 10 ila 22 cm uzaklıklar arasında; EMA Direktifindeki yüksek ve düşük eylem değeri, kaynak kelepçesinden 20 ila 32 cm uzaklıklar arasında ve 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleri ise kaynak kelepçesinden birkaç metre uzaklıkta aşılmıştır.

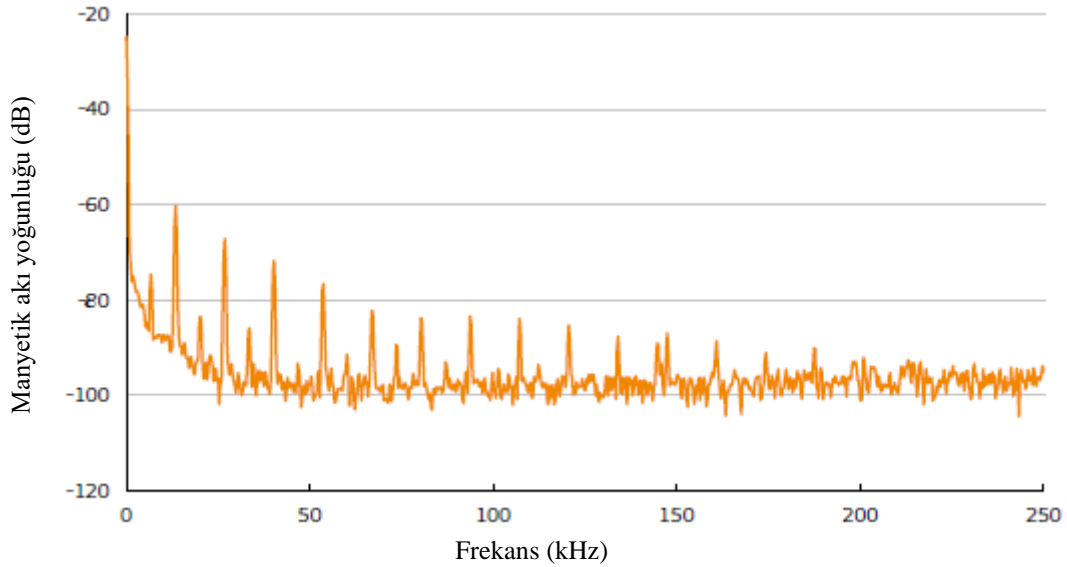
Uzman firma, "C tipi" tabanca için besleme kablolarının, uzuv eylem değeri ile yüksek ve düşük eylem değerlerini aşan manyetik alanlar oluşturduğunu, fakat "X tipi" tabancaya ait kabloların bir sorun oluşturmadığını kaydetmiştir. Gerçekten de, uzuv eylem değeri kablolardan 8 cm' ye, yüksek ve düşük eylem değeri ise kablolardan 12 cm' ye kadar aşılmıştır. Uzman firma bunu şöyle açıklamıştır ki "C tipi" tabanca kabloları, kaynak akımını kontrol ünitesinden tabancaya taşıırken, transformatörün içinde bulunduğu "X tipi" tabanca, sadece 50/60 Hz şebeke beslemesini taşıyan bir kabloya sahiptir. Uzman firma, tamir atölyesi punta kaynak makineleri için kaynak akımının ana frekansının 2 kHz olduğunu, ancak bazı harmoniklerin toplam maruziyete önemli katkıda bulunduğunu doğrulamıştır. Bunu göstermek için Şekil 6.13.'de, tamir atölyesindeki 160 mm "C tipi" tabanca takılmış kaynak makinesinden elde edilen dalga formunun spektral dağılımı verilmiştir.



**Şekil 6.13.** 160 mm "C tipi" tabancadan dalga formunun spektral dağılımı

İndüksiyonlu ısıtıcıların değerlendirme sonuçları ise, ısıtıcının gücüne bağlı olarak uzuv eylem değeri, ısıtma elemanından 7 ila 11 cm arasında çalışanın eline doğru, yüksek ve düşük eylem değeri de ısıtma elemanının merkezinden 13 ila 18 cm arasında her yöne doğru aşıldığını göstermektedir.

Isıtıcıların ana frekansı değişiklik göstermektedir. 1 kW ısıtıcı, 15 kHz ana frekansa sahipken 4 kW ve 10 kW ısıtıcılar ise 36 kHz frekanstadır. Kaynak makineleri gibi, bunlarda da birkaç harmonik, her durumda toplam maruziyete önemli katkıda bulunmaktadır. Bunu göstermek için Şekil 6.14.' de, 1 kW indüksiyonlu ısıtıcıdan elde edilen dalga formunun spektral dağılımı verilmiştir.



**Şekil 6.14.** 1 kW indüksiyon ısıtıcısından dalga formunun spektral dağılımı

## 6.8. Risk Değerlendirmesi

Uzman firma; ölçüm sonuçları göz önüne alarak punta kaynak tabancalarının el ile kullanılması nedeniyle vücuda yakın tutulduğu, bu sebeple çalışanların manyetik alan maruziyetinin EMA

Direktifinde verilen ED'ler ve muhtemelen ilgili MSD'leri aşma olasılığı olduğu sonucuna varmıştır. "C tipi" tabanca besleme kablolarının etrafındaki ölçümler, bunların ilgili ED'leri aşan maruziyet potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

Firma, ayrıca manyetik alanların, 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleri, kaynak tabancalarından birkaç metre uzaklıkta aştığını kaydetmiştir. Referans seviyeleri, özel risk altında bulunan kişiler için maruziyetin dolaylı etkileri kapsamında geniş bir gösterge olarak kullanılabilir.

İndüksiyon ısıtıcıları ile ilgili olarak ise firma, ısıtma sırasında bunları kullanan çalışanlarca, ısıtma elemanlarının ellerden ve vücuttan belirli bir mesafede tutuluyor olması nedeniyle ED'leri aşan alanlara maruz kalınmadığı sonucuna varmıştır. Yine de 10 kW ısıtıcıdan 0,5 m'ye kadarki uzaklıklarda, manyetik alanlar, 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleri aşmaya yeterlidir. Bu nedenle firma, ısıtıcılar tarafından üretilen manyetik alanlara maruziyetin dolaylı etkileri kapsamında özel risk altındaki kişilere dikkat edilmesini tavsiye etmiştir.

Firma, tüm bu sonuçlar göz önüne alınarak ve OİRA (EU-OSHA'nın çevrimiçi interaktif risk değerlendirme aracı) tarafından önerilen metodoloji kullanılarak punta kaynak makinelerinin ve indüksiyonlu ısıtıcıların kullanımı için EMA'ya özgü bir risk değerlendirmesi hazırlamıştır. Bu çalışma ayrıca, çalışanların, ED'leri aşan manyetik alanlara maruz kalmalarını engellemek ve onları korumak için hangi adımların atılması gerektiğini de belirtmektedir. Atölye için EMA'ya özgü risk değerlendirmesi Tablo 6.2.'de gösterilmiştir.

## 6.9. Mevcut önlemler

Halihazırda, atölyede EMA'ya yönelik alınmış herhangi tedbir söz konusu değildir.

**Tablo 6.2.** Tamir atölyesinde, el tipi punta kaynak makineleri ve indüksiyonlu ısıtıcıların kullanımı için EMA'ya özgü risk değerlendirmesi

Tehlikeler	Mevcut koruyucu önleyici tedbirler	Risk altındakiler	Şiddet			Olabilirlik			Risk derecesi	İlave koruyucu ve önleyici tedbirler
			Düşük	Ciddi	Ölümcül	Beklenmedik	Olası	Mümkün		
Düşük frekanslı doğrudan etkiler	Yok  Kaynak sırasında tabancanın ağırlığını desteklemek için eller ve vücut genellikle kaynak kelepçesine koluna yakın konumdadır.	Atölye çalışanları	✓					✓		Düşük  Kaynak işinin yapılma şeklini değiştirmek:  Çalışanların ellerini ve vücudunu kaynak elektrotlarından uzak tutmalarını sağlamak için tabancanın ağırlığını destekleyen dengeleyicilerin kullanılması

	İndüksiyonlu ısıtıcıların ısıtma elemanları, genellikle kol mesafesinde tutulur.		✓			✓		Düşük	Kaynak işleri için standart süreç prosedürlerinin oluşturulması  Kaynak makinaları ve ısıtıcılar üzerinde uyarı bildiren işaretlerin yerleştirilmesi  Operatöre, EMA tehlikeleri konusunda eğitim verilmesi
		Gebe çalışanlar	✓			✓		Düşük	Gebe çalışanların bu makinaları doğrudan kullanmalarının veya onların yakınlarında kaynak makinesi / ısıtıcı kullanılmasının engellenmesi
Düşük frekanslı dolaylı etkiler  (Vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazlara etkisi yönünden)	Yok	Özel risk altındaki çalışanlar		✓		✓		Düşük	Vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazı bulunan çalışanların bu makinaları doğrudan kullanmalarının veya onların yakınlarında kaynak makinesi / ısıtıcı kullanılmasının engellenmesi  Operatöre, EMA tehlikeleri konusunda eğitim verilmesi

### 6.10. Değerlendirmeler Sonucunda Alınabilecek İlave Önlemler

Risk değerlendirmesi sonucunda, tamirhanenin yöneticisi aşağıdaki önlemleri uygulamaya karar vermiştir:

- Çalışanların, ellerini ve vücutlarını her durumda punta kaynak tabancasından daha uzak tutmaları, uygulanabilir olduğu hallerde de diğer iletkenler ve besleme kablolarından uzak konumlanmaları için mümkün olan tedbirler alınmıştır. Bu kapsamda, punta kaynak tabancalarının ağırlığını destekleyen ve askıya alarak dengeleyen dengeleyiciler yerleştirmiştir. Dolayısıyla bu, çalışanların, artık tabancaların ağırlığını desteklemek zorunda olmadıkları ve

sonuç olarak her zaman tabancanın arkasında durabilecekleri ve kaynak sırasında pozisyonlarını korumak için sadece tabancanın arkasını tutabilecekleri anlamına gelmektedir.

- Güçlü manyetik alanlar oluşturan kaynak makinaları ve ısıtıcılara uyarı bildiren işaretler yerleştirilmiş ve vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazı bulunanlar ve gebe çalışanlar gibi özel risk altındaki çalışanlar tarafından bu makinaların kullanılması yasaklanmış veya bu kişilerin bulunduğu ortamlarda kaynak makinaları veya ısıtıcının kullanımı yasaklanmıştır. Tamir atölyesindeki kaynak makinalarında kullanılan işaretlerin örnekleri Şekil 6.15.' te gösterilmektedir.



**Şekil 6.15.** Güçlü manyetik alanlarda kullanılabilir uyarı bildiren işaret ve vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazı bulunanlar tarafından veya bu kişilerin varlığında kaynak makinası kullanımını yasaklayan işaret örnekleri

- Risk değerlendirmesinin sonuçları da dahil olmak üzere çalışanlara bilgi vermek,
- EMA Direktifinde yer alan ED' leri aşan maruziyetleri engellemek için çalışanlara yönelik talimatlar hazırlamak,
- Uygun programlar aracılığıyla, diğer çalışanların kaynak makineleri ve ısıtıcıların yol açtığı manyetik alan tehlikesinden haberdar olmalarını sağlamak,
- Risk değerlendirmesini düzenli olarak gözden geçirmek.

## 6.11. Araç İmalatında Punta Kaynak Makineleri

Uluslararası araç üreticileri küçük veya orta ölçekli işletmeler olarak kabul edilmese de, uzman firmanın, bu sektörde önde gelen üreticiler tarafından kullanılan punta kaynak makineleri örneklerine ilişkin değerlendirmesini de göz önünde bulundurmasının önemli olduğu düşünülmektedir.

### 6.11.1. Fabrikada Punta Kaynak Makinesi Değerlendirmesi

400 mm kollu bir "C tipi" tabanca, 130 mm uzunluğunda elektrotlara sahip bir "X tipi" tabanca ve 700 mm uzunluğunda elektrotlara sahip bir "X tipi" tabanca olmak üzere üç punta kaynak makinesi değerlendirilmiştir. Görece küçük iki tabanca 8400 A' da, en büyük tabanca ise 10200 A'da çalıştırılmıştır. Üç tabancanın hepsi 50 Hz çalışma frekansına sahip ve manyetik alan maruziyetini en



aza indirmek için kablolarla uzak transformatörlerden beslenmiştir. 400 mm "C tipi" tabanca ve 700 mm "X tipi" tabanca Şekil 6.16. ve 6.17.' de gösterilmektedir.



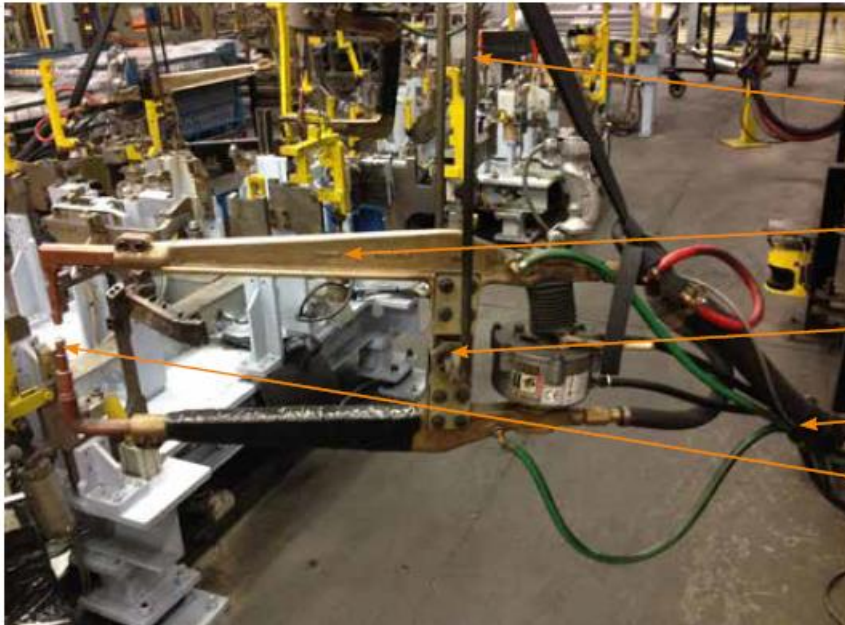
Sağ kol ve  
aktivasyon tetiği

Sol kol

'C' kolu

Elektrotlar

**Şekil 6.16.** Fabrikadaki 400 mm "C tipi" tabanca. Kelepçe, resmin sağ üst köşesinde görülen tabancanın üstündeki kollar (cıvalı krom bileşen) kullanılarak yerinde tutulmaktadır. Bu, operatörün kaynak sırasında kelepçeye göre konumu hakkında bir göstergedir



Dengeleyici

Üst kol

Menteşe

Besleme kablosu

Elektrotlar

**Şekil 6.17.** Fabrikadaki 700 mm "X tipi" tabanca. Bir dengeleyici ile askıya alınmış olmasına rağmen, tabancanın büyüklüğü, çalışanların tabancayı yönlendirmek ve pozisyonda tutmak için rutin olarak elektrotlara yakın durmasını gerektirmektedir

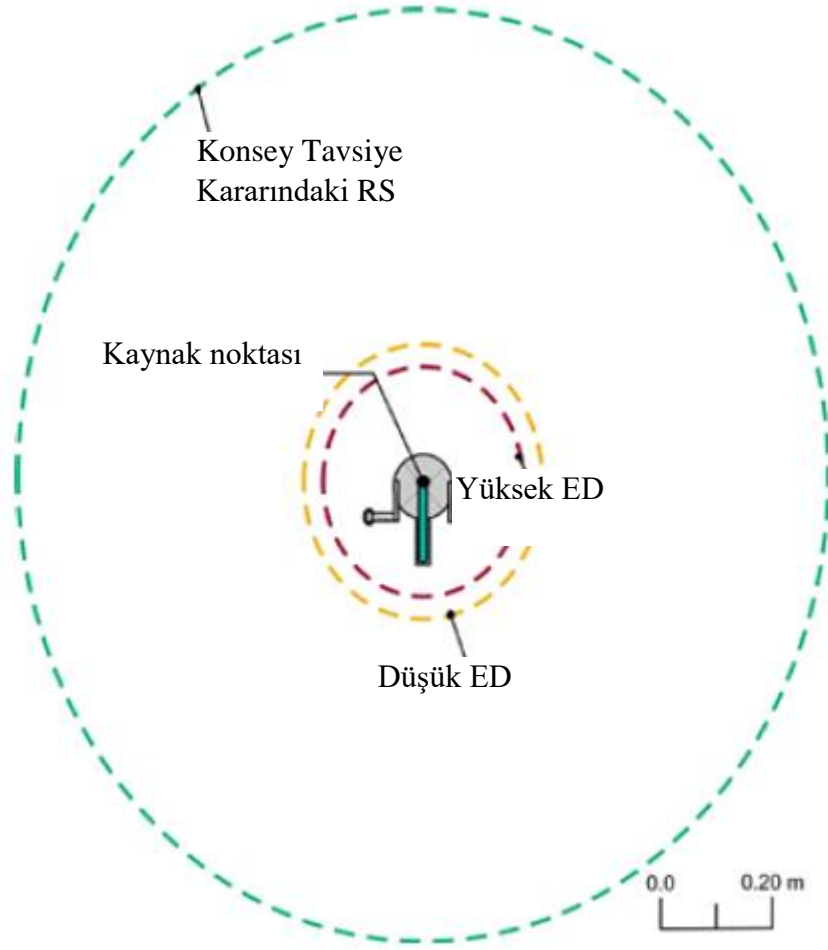
İzotropik (üç eksenli) bir prob kullanılarak kaynak tabancalarının etrafında zamanla değişen manyetik akı yoğunluğunun ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm cihazı, zaman alanında ağırlıklı tepe yöntemi kullanılarak türetilmiş ve dolayısıyla EMA Direktifindeki ED'ler ile doğrudan karşılaştırma imkânı sunan yüzde cinsinden sonuç veren yerleşik bir elektronik filtreye sahiptir. Cihaz, ayrıca dalga formunun harmonik içeriğinin analiz edilmesine imkan sağlayan yerleşik bir spektrum analizörüne de sahiptir.

Kaynak makinaları 50 Hz' de çalışmaktadır. Bu frekansta, EMA Direktifindeki yüksek ve düşük ED' ler önemli ölçüde farklıdır. Bu nedenle, tabancaların etrafındaki manyetik alan kuvveti ölçümleri, hem yüksek hem de düşük ED' lerin yüzdesi olarak gösterilmiştir.

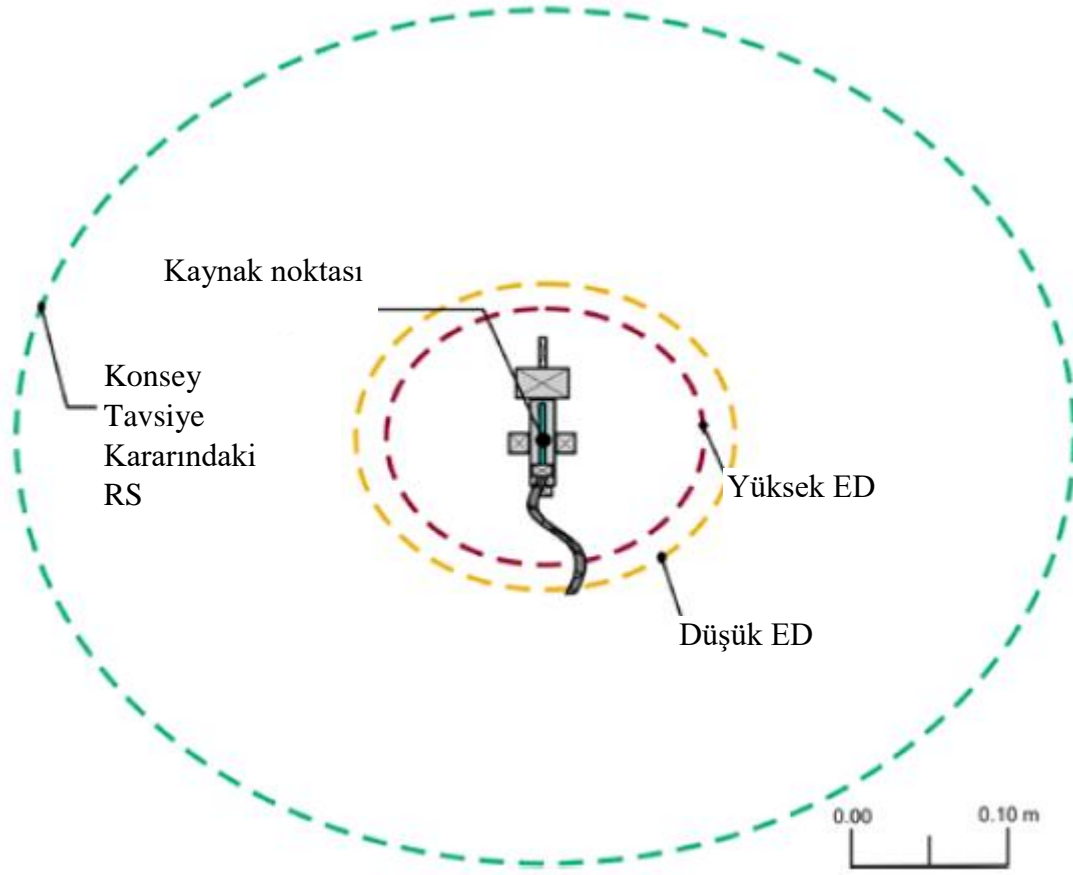
#### 6.11.2. Fabrika Punta Kaynak Makineleri Ölçüm Sonuçları

Elde edilen ölçüm sonuçları aşağıdaki şekillerde ve tabloda gösterilmiştir. Tüm durumlarda, ölçümler; kaynak makinası bir tamirhanede yapılan tipik işlere benzer bir şekilde kullanılırken alınmıştır.

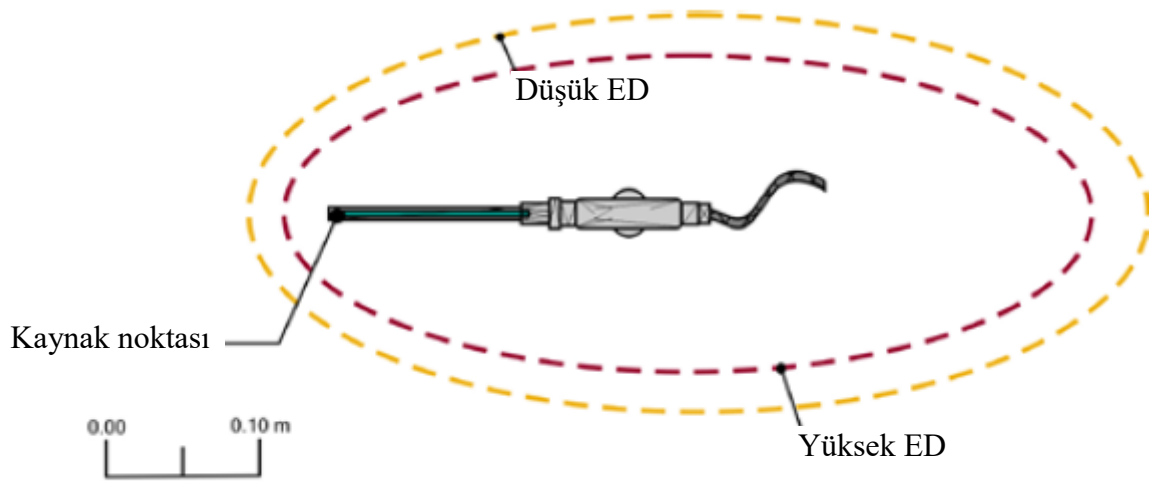
Şekil 6.18. ila 6.20., her kaynak tabancasının etrafında, EMA Direktifindeki yüksek ve düşük ED' ler ile 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerin aşıldığı alanın kapsamını göstermektedir. Her durumda, tabancaların etrafındaki konturlar, ilgili değerlerin %100' ünü temsil etmekte olup sarı renk EMA Direktifindeki yüksek ED' yi, kırmızı renk EMA Direktifindeki düşük ED' yi ve yeşil renk ise 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerini temsil etmektedir. Ek olarak Tablo 6.3., "X tipi" kaynak tabancasının besleme kablosu çevresindeki bir ölçümün sonucunu göstermektedir.



**Şekil 6.18.** Fabrikadaki 400 mm “C-tipi” kaynak tabancası etrafında, düşük eylem değerinin (sarı), yüksek eylem değerinin (kırmızı) ve 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerin (yeşil) aşılabileceği konturları gösteren plan görünümü



**Şekil 6.19.** Fabrikadaki 130 mm “X-tipi” kaynak tabancası etrafında, düşük eylem değerinin (sarı), yüksek eylem değerinin (kırmızı) ve 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerin (yeşil) aşılabileceği konturları gösteren plan görünümü



**Şekil 6.20.** Fabrikadaki 700 mm “X-tipi” kaynak tabancası etrafında, düşük eylem değeri (sarı) ve yüksek eylem değerinin (kırmızı) aşılabileceği konturları gösteren plan görünümü. Bu durumda, tabancanın arkasındaki iletkenler tarafından oluşturulan alanlar nedeniyle konturlar tabancanın arkasına uzamaktadır

**Tablo 6.3.** “X tipi” kaynak tabancası ile başüstü transformatör arasındaki kabloda ölçüm sonucu

Kelepçe Türü	Akım (A)	Kablodan 10 cm uzakta düşük ED <sup>1</sup> yüzdesi
130 mm 'X-tipi'	8400	12

<sup>1</sup> 25 ila 300 Hz arasındaki frekanslar için manyetik akı yoğunluğu düşük eylem değeri: 1000  $\mu$ T

Not: Ölçüm belirsizliği  $\pm$ % 10 ve sonuçlar ED'lerin doğrudan yüzdeleri olarak alınmıştır.

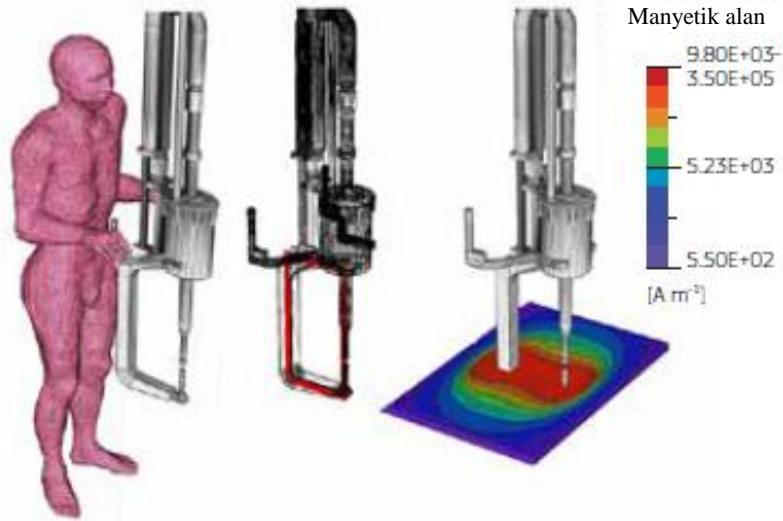
### 6.11.3. Fabrikadaki Punta Kaynak Makinesinde ED'ler Bağlamında Ölçüm Sonuçları

Tabancalardan 37 ila 147 cm arasında düşük ED, tabancalardan 27 ila 125 cm arasında ise yüksek ED aşılmıştır. 700 mm “X tipi” tabancanın etrafındaki ED' leri aşan alanın boyutunun (Şekil 6.20.) sadece elektrotlara değil, aynı zamanda tabancanın arkasındaki iletkenlere de bağlı olduğuna dikkat edilmelidir. Ayrıca manyetik alanlar, 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleri, kaynak tabancalarından birkaç metre uzaklıkta aşmıştır. Tabancanın besleme kabloları manyetik alan maruziyetini en aza indirecek şekilde tasarlanmış olup Tablo 6.3.' ten de görülebileceği gibi kablodan maruziyet düşük ED'nin çok altındadır.

### 6.11.4. Fabrikadaki Punta Kaynak Makinesinde MSD'ler Bağlamında Ölçüm Sonuçları

Sonuçlar, çalışanların, tabancalardan 10 ila 20 cm uzakta konumlandıkları durumda, ilgili ED' lerin çok üzerindeki alanlara maruz kalabileceklerini göstermiştir. Bununla birlikte, işveren bu vaka çalışmasının 6.10. numaralı başlığı altında açıklanan önlemlerin çoğunu benimsemiş olsa da çalışanların her durumda ED'leri aşan alanların dışına çekilmesi mümkün olmamıştır. EMA Direktifinin dördüncü maddesinin üçüncü fıkrası uyarınca uzman firma, ilgili MSD'lerin gerçekten aşıp aşılmadığını belirlemek için bilgisayar modellemesi yapmıştır.

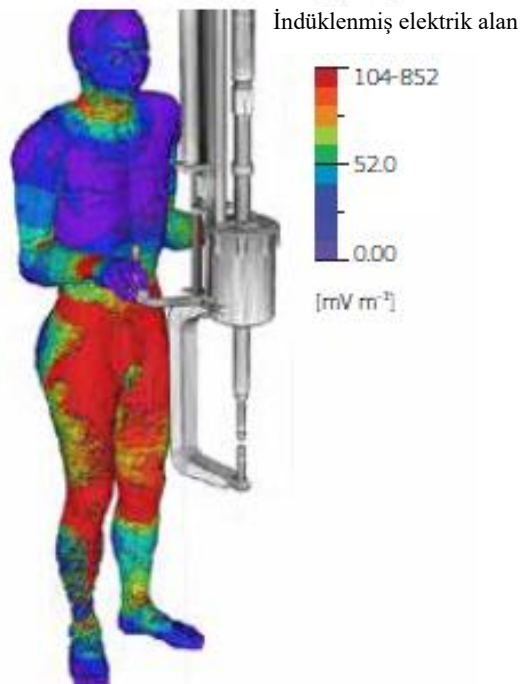
Firma, ölçümlerini ve gözlemlerini 400 mm' lik "C tipi" tabanca modelini üretmek için kullanmıştır. Daha sonra bu model, çalışanların da konumlanabildiği, tabancanın etrafındaki alanlarda manyetik alanları hesaplamak için kullanılmıştır. Şekil 6.21.; manyetik alan oluşturan mevcut döngüyü (kırmızı ile işaretlenmiş) tabancanın çalışırken etrafında oluşturduğu manyetik alanın modelini ve tabancayı kullanırken operatörün konumlanma modelini göstermektedir.



**Şekil 6.21.** 400 mm “C tipi” kaynak tabancası ve tabancayı kullanan operatörün konumu (solda); manyetik alan üreten akım döngüsü (ortadaki kırmızı renkli “C” kolu) ve tabancanın çalışırken etrafında oluşturduğu manyetik alan (sağda)

Tabanca ve çalışan modellendikten sonra, vücutta indüklenen iç elektrik alanların sayısal hesaplamaları yapılmıştır. Tabancanın kolundan 15 cm uzakta konumlu gövdeye dayanan bu hesaplamaların sonuçları Şekil 6.22.' de verilmiştir. Kırmızı, nispeten yüksek elektrik alanını gösterirken, koyu mor düşük değeri göstermektedir. Alanın, ağırlıklı olarak operatörün akım döngüsüne en yakın uzuvları olan bel ve üst bacaklarını etkilediği şekilden görülebilir.

Tabancanın kolundan 15 cm' lik bir mesafede, ilgili maruziyet sınır değerler aşılmamış olup MSD'lerin aşılacağı mesafeleri belirlemek için başka hesaplamalar yapılmıştır. Bu ilave hesaplamaların sonuçları ise Tablo 6.4.' te gösterilmiştir.



**Şekil 6.22.** 400 mm "C tipi" tabanca tarafından üretilen manyetik alanlara maruz kalındığında, maksimum indüklenen elektrik alanların insan modelindeki uzamsal dağılımı

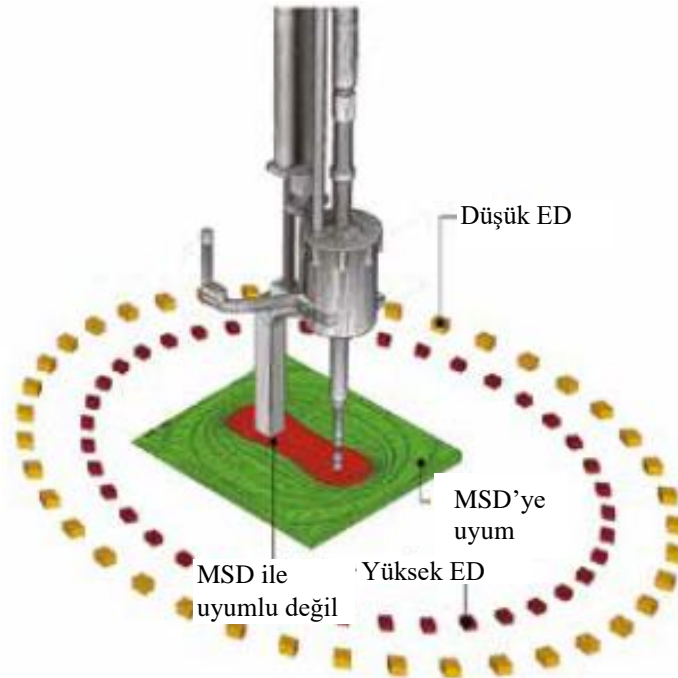
**Tablo 6.4.** İlgili MSD' ye oranlı maksimum iç elektrik alan gücü

<b>Vücut ile tabanca arasındaki mesafe (cm)</b>	15	7	4
<b>Vücutta maksimum indüklenen elektrik alan gücü <math>mVm^{-1}</math></b>	287	611	811
<b>Sağlık etkili MSD<sup>1</sup> yüzdesi</b>	37	79	104
<b>Merkezi sinir sisteminde maksimum indüklenen elektrik alan (<math>mVm^{-1}</math>)</b>	52	84	92
<b>Duyu etkili MSD<sup>2</sup> yüzdesi</b>	53	85	93

<sup>1</sup> 50 Hz frekansı için sağlık etkili MSD: 778  $mVm^{-1}$  (rms)

<sup>2</sup> 50 Hz frekansı için duyu etkili MSD: 99  $mVm^{-1}$  (rms)

Tablo 6.4., operatör, tabancayı gövdesinden 15 cm uzakta hareket ettirdiğinde, indüklenen maksimum elektrik alan değeri 287  $mVm^{-1}$  olup bu değer, sağlık etkili MSD' nin %37' sini temsil etmektedir. Kafadaki merkezi sinir sistemi dokuları için, maksimum indüklenen elektrik alan değeri 52  $mVm^{-1}$  olup bu değer, duyu etkili MSD' nin %53' ünü temsil etmektedir. Sonuçlar, sağlık etkili MSD' nin, sadece vücudun tabancaya uzaklığını yaklaşık 4 cm'ye düşüğünde aşıldığını göstermektedir. Bu, çalışanların ED' leri aşan manyetik alanlara maruz kalmasına rağmen, indüklenen iç elektrik alanların MSD' leri aşmadığı anlamına gelir. Gerçek durumda, sağlık etkili MSD' nin aşılabileceği alanın boyutuna kıyasla ED' leri aşan alanların boyutundaki fark aşağıda yer alan Şekil 6.23.' te gösterilmektedir.



**Şekil 6.23.** 400 mm "C tipi" tabancanın etrafında, sağlık etkili MSD'nin aşılabileceği konturlar (yeşil tabla içerisindeki kırmızı alan) ile yüksek ve düşük eylem değerinin aşılabileceği konturları (sırasıyla kırmızı ve sarı) gösteren görsel (Şekil 6.18.' den)

Özetle; eylem değerleri, aşırı maruz kalma konusunda ihtiyatlı bir tahmin sağlamakta ve maruziyetin, EMA Direktifi ile uyumlu olduğu görülmektedir.

## 7. KAYNAK

### 7.1. İşyeri

Bu vaka çalışması, çeşitli direnç kaynak makinelerinin kullanıldığı bir metal imalat atölyesi ile ilgilidir.

### 7.2. İşin Niteliği

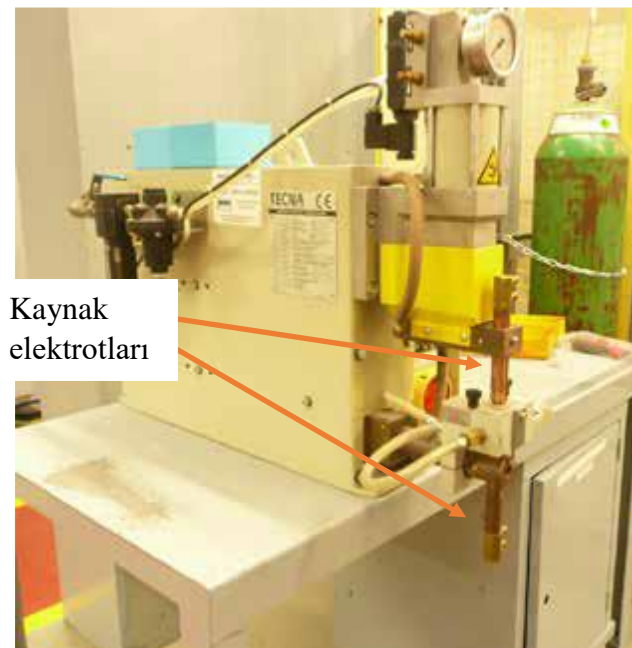
Çalışanlar, telleri ve metal sacları kaynaklamak için nokta kaynakçıları ve dikiş kaynakçıları kullanmakta olup atölyede bu makinelerden birkaç tane mevcuttur.

### 7.3. EMA'ya Neden Olan Ekipman Hakkında Bilgi

Direnç kaynak makineleri, kaynaklanacak bileşenler üzerinde birbirine kenetlenen iki elektrottan oluşmaktadır. Elektrotlardan ve bileşenlerden akım geçirilir ve kaynak için gereken ısı, bileşenlerin elektriksel direnci ile üretilir. Ekipman ayarları, kaynak yapılacak bileşenlerin özelliklerine göre seçilir.

#### 7.3.1. Punta Kaynak Makineleri

Punta kaynak makineleri, bileşenleri kelepçeleyen ve nokta kaynağı üretmek için yüksek akım uygulayan iki küçük silindirik elektrottan oluşmaktadır. İşyerinde, tezgah üstü punta kaynak makineleri ve taşınabilir asma punta kaynak makineleri olmak üzere iki tür punta kaynağı kullanılır. Tezgah üstü punta kaynak makineleri (Şekil 7.1.), genellikle paslanmaz çelikten üretilmiş 1,2 mm trokanter telleri kaynaklamak için kullanılmaktadır. Bu ekipman, bir tezgahın üzerinde kullanılmak üzere tasarlanmış olup operatörün ünite önünde konumlanmasını gerektirmektedir. Tipik olarak ekipman, 665 A ve 50 Hz güç kaynağı ile mümkün olan maksimum akımın (3500 A) %19'unda çalışmaktadır. Taşınabilir asma punta kaynağı (Şekil 7.2.) ise metal sacları birbirine kaynaklamak için kullanılmaktadır. Kaynakçı, elektrot uçlarını bileşen üzerine kenetlemek için kısaç hareketi yapan elektrot kollarından oluşur. Genellikle 7000 A' da çalışır ve 2 kHz güç kaynağı kullanılmaktadır.



Şekil 7.1. Tezgah üstü punta kaynak makinesi





Şekil 7.2. Taşınabilir asma punta kaynağı

### 7.3.2. Dikiş Kaynağı

Dikiş kaynağı, metal parçaları birbirine kaynaklamak için kullanılmaktadır. Elektrotlar, disk şeklinde olup malzeme aralarından geçerken elektrotlar döner, yani dikiş kaynağı aşamalı olarak oluşur. Ekipman tipik olarak 7000 A' da çalışır ve 50 Hz güç kaynağı kullanır (Şekil 7.3.).



Şekil 7.3. Dikiş kaynağın önden ve yandan görünümü

### 7.4. Uygulama Nasıl Kullanılır

Kaynak makinelerinin operatörleri, kaynak yaparken, elleri ekipmana en yakın konumda olacak şekilde ekipmanın yanında durur veya otururlar. Tezgah üstü punta kaynak makinesi ve dikiş kaynak makinesini kullanırken operatör, kaynak yapılan malzemeyi tutar ki bu da ellerin kaynak elektrotlarına 10 cm kadar yakın olabileceği anlamına gelir. Taşınabilir asma punta kaynak makinesini kullanırken kaynak yapılacak malzeme yerine sabitlenir ve operatör, malzemeyi yerinde tutmak için punta kaynağına yakın durur. Kaynak ekipmanlarının tümü, metal bileşenlerin imalatında kullanılan diğer makineler ve aletlerle birlikte atölyede bulunmaktadır.

## 7.5. Maruziyet Değerlendirmesi Yaklaşımı

İşletme, her ekipman parçası için üreticilerin verilerini incelemiştir. Bazı kullanım kılavuzlarında, kalp pili takılı kullanıcılar için ekipmanın tehlike arz eden manyetik alanlar üretebileceğine dair işaret mevcuttur. Ancak işletme, EMA Direktifinde verilen eylem değerleri bağlamında bu tehlikenin kapsamı (örneğin tehlikenin, ekipmandan ne kadar uzakta dahi mevcut olacağı) veya manyetik alanların seviyesi hakkında herhangi bir bilgiye ulaşamamıştır. Eski ekipmanlardan bazıları için ise işletme, hiçbir üretici verisine ulaşamamıştır.

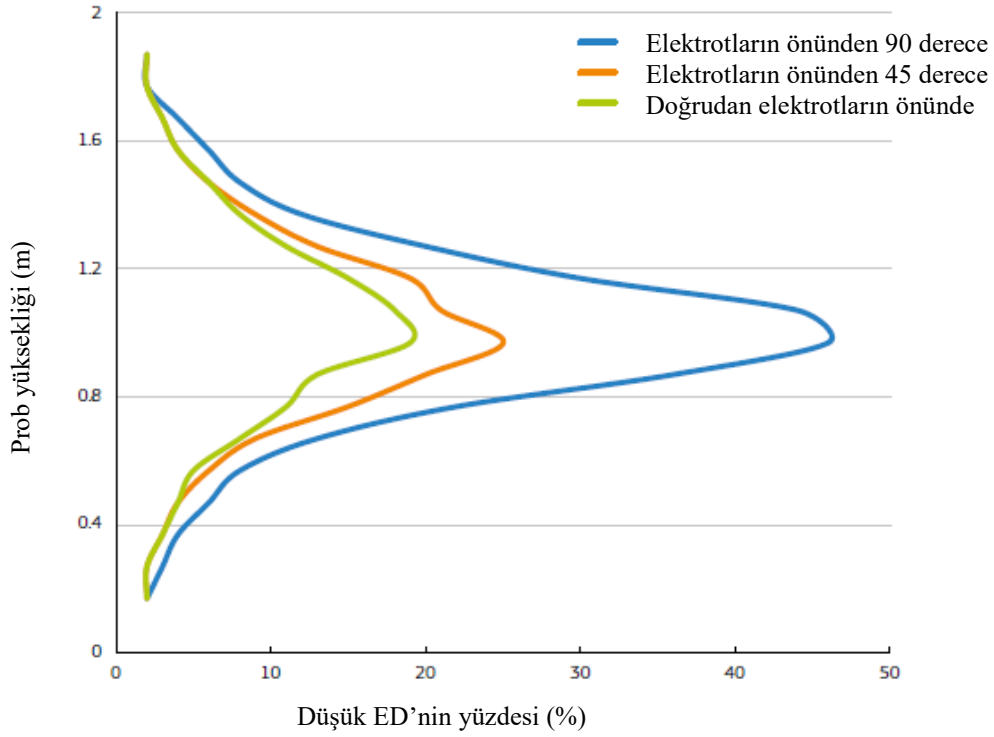
Kaynak ekipmanı, çoğu çalışanın erişebileceği ve alt işverenler ile ziyaretçilerin de girebileceği bir atölyede bulunmaktadır. Bu nedenle işletme, riskler hakkında daha fazla değerlendirme yapmaya karar vermiştir. Ekipman üreticilerinden daha fazla bilgi alınmayan işletme, değerlendirme konusunda destek almak için bir uzman firma ile anlaşmıştır.

Değerlendirme için üç farklı direnç kaynağı tipi seçilmiştir. Danışman, zaman ağırlıklı tepe yöntemi kullanılarak türetilmiş, ED' lerle doğrudan karşılaştırma imkanı tanıyan ve yüzde cinsinden sonuç veren yerleşik bir elektronik filtreye sahip bir cihaz kullanarak ekipmanın etrafındaki manyetik akı yoğunluğunu ölçmüştür.

## 7.6. Maruziyet Değerlendirmesinin Sonuçları

### 7.6.1. Tezgah Üstü Punta Kaynak Makinesi

Danışman, tezgah üstü punta kaynak makinesini kullanan operatörü gözlemlemiştir. Operatörün başının ve gövdesinin kaynak sırasında elektrotlardan en az 30 cm uzakta olduğu not edilmiş olup operatörün, ekipmanın doğrudan önünde durmasından ziyade ekipmanın yanına konumlandırılabilmesi kaydedilmiştir. Bu nedenle ölçümler; doğrudan elektrotların önünde, elektrotların önünden (sol tarafa) 45° ve elektrotların önünden (sol tarafa) 90° olmak üzere ve elektrotlardan 30 cm uzaklıkta üç konumda gerçekleştirilmiştir. Her konum için ölçümler, çeşitli yüksekliklerde alınmıştır. Manyetik akı yoğunluğunun, bu operatör konumlarının hiçbirinde, düşük ED'nin %50' sini geçmediği tespit edilmiştir (Şekil 7.4.).



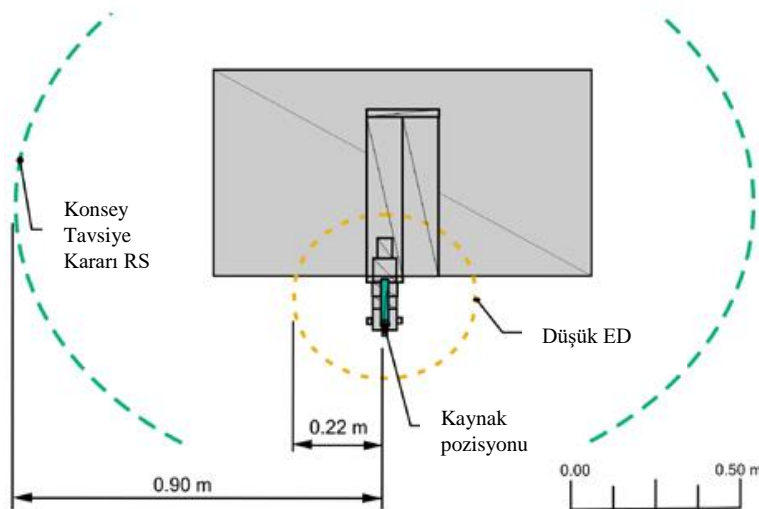
**Şekil 7.4.** Operatör konumundaki yüksekliğe karşı düşük eylem değerinin yüzdesi olarak manyetik akı yoğunluğu (elektrotlardan 30 cm uzakta)

Not: Ölçüm belirsizliği  $\pm\% 10$  ve sonuçlar ED' nin doğrudan yüzdesi olarak alınmıştır.

Manyetik akı yoğunluğunun düşük eylem değeri'ne eşit olduğu konum, elektrotlardan yaklaşık 22 cm uzaklıkta ve elektrotların bulunduğu yükseklikte idi. Düşük eylem değeri' nin aşılabileceği alan Şekil 7.5.' te gösterilmiştir.

Kaynak sırasında operatörün ellerinin elektrotlardan en az 10 cm uzakta olduğu gözlemlenmiş olup bu pozisyonda, manyetik akı yoğunluğu eylem değeri'nin %8'inden azdır.

Danışman, ekipman etrafında çeşitli pozisyonlarda ölçümler yapmış ve sonuçları 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleriyle karşılaştırmıştır. Bu seviyeler, özel risk altındaki çalışanların maruziyeti için geniş bir gösterge olarak kullanılabilir. Elektrotlardan 1 m'ye kadar referans seviyelerin aşılabildiği tespit edilmiş olup bu alan, yeşil kontur ile Şekil 7.5.' te gösterilmiştir.

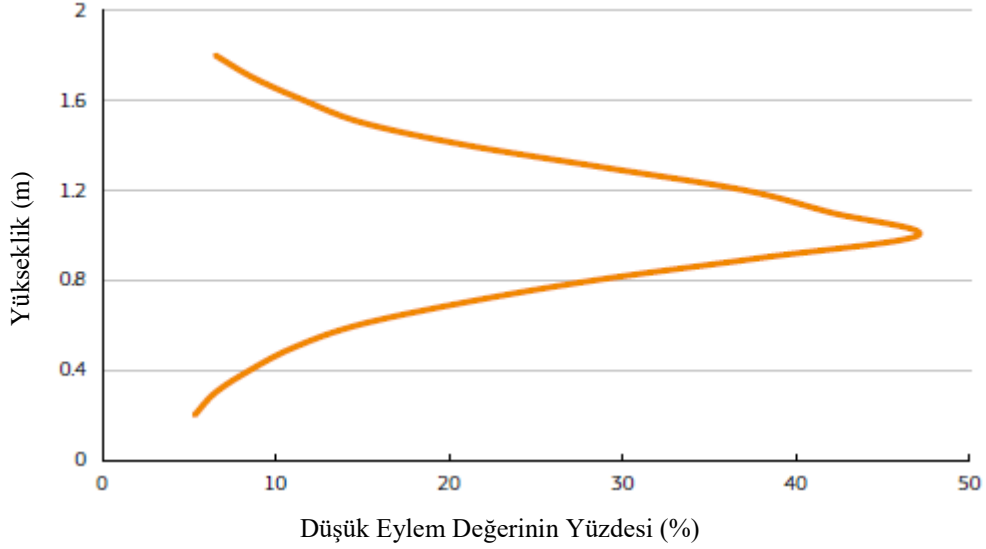


**Şekil 7.5.** Düşük eylem değerinin (sarı) ve 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerin (yeşil) aşılabileceği konturları gösteren plan

### 7.6.2. Taşınabilir Asma Punta Kaynağı

Operatör, kaynak işlemi sırasında punta kaynağı belirli bir pozisyonda tutar. Elektrot kollarının uzunluğu (75 cm) nedeniyle operatör, elektrot uçlarından yaklaşık 1 m uzakta durur. Ölçümler bu konumda, çeşitli yüksekliklerde yapılmıştır.

En yüksek ölçüm sonucu, elektrotların bulunduğu yükseklikte (yerden 1 m) ölçülmüştür. Operatör konumunda, manyetik akı yoğunluğu, ED'lerin %50'sini geçmemiştir (Şekil 7.6.).

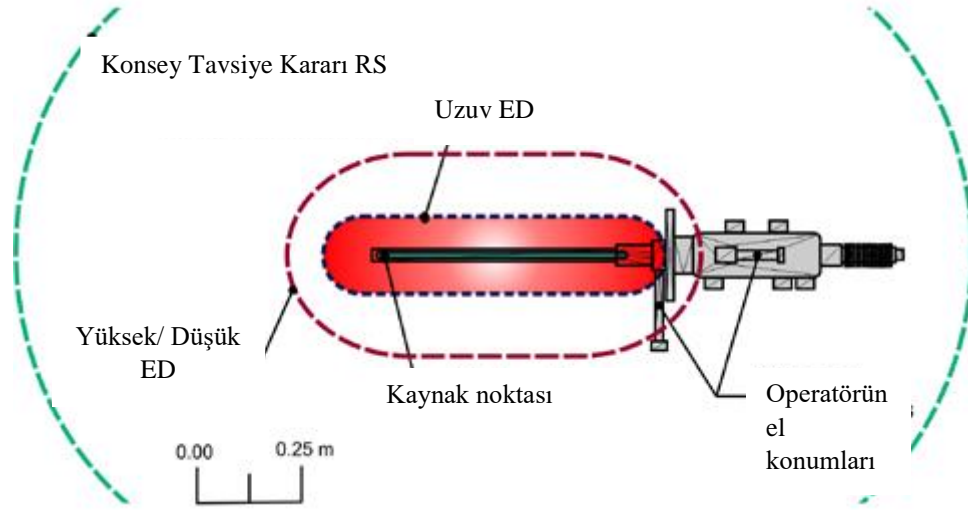


**Şekil 7.6.** Operatör konumundaki yüksekliğe karşı yüksek ve düşük eylem değerinin yüzdesi olarak manyetik akı yoğunluğu (elektrot uçlarından 1 m)

Not: Ölçüm belirsizliği  $\pm\% 10$  ve sonuçlar ED'lerin doğrudan yüzdesi olarak alınmıştır.

Ölçümler, operatörün el konumunda yapılmıştır (Şekil 7.2.). Manyetik akı yoğunluğu, bu pozisyonda uzuv ED'nin %88'idir.

Danışman, ekipman etrafında çeşitli pozisyonlarda ölçümler yapmış ve sonuçları 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleriyle karşılaştırmıştır. Ekipmandan maksimum 1,3 m'ye kadar referans seviyeleri aşılabilmektedir. Uzuv ED'ler, yüksek ve düşük ED'ler ile 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerin aşılabileceği alanlar Şekil 7.7.'de sırasıyla mavi, kırmızı ve yeşil konturlarla gösterilmiştir.

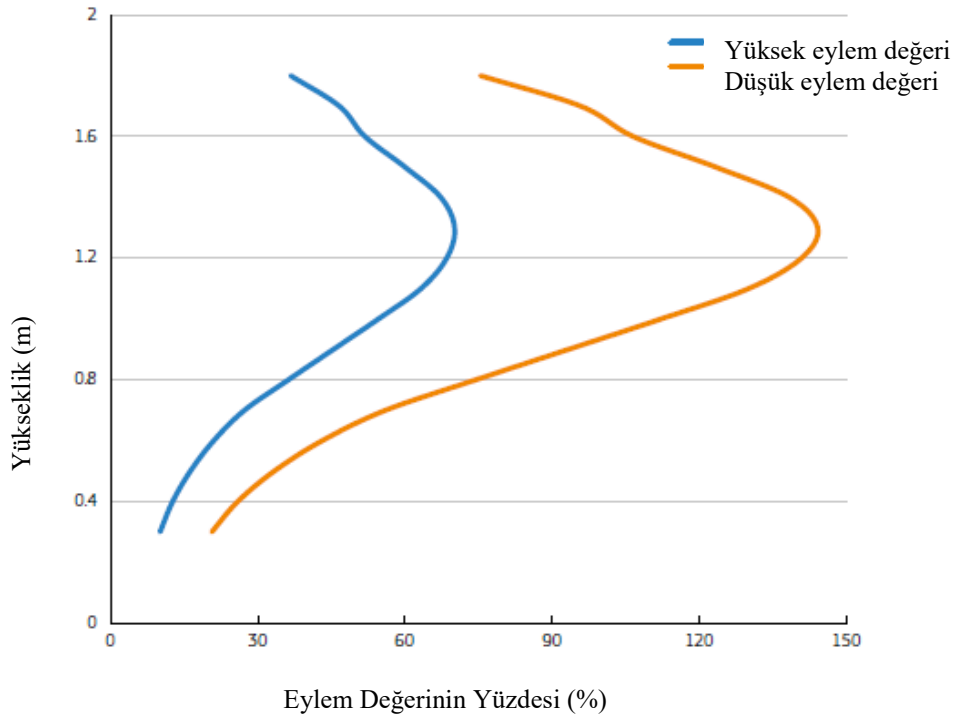


**Şekil 7.7.** Taşınabilir asma punta kaynakçı etrafında, uzuv eylem değerinin (mavi), yüksek ve düşük eylem değerlerinin (kırmızı) ve 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerin (yeşil) aşılacağı konturları gösteren plan

### 7.6.3. Dikiş Kaynağı

Operatör, kaynak sırasında, kafa ve gövdesi elektrotların merkezinden en az 50 cm uzakta olacak şekilde ekipmanın yan tarafında durmaktadır. Ölçümler bu konumda, çeşitli yüksekliklerde yapılmıştır.

En yüksek ölçüm sonucu, elektrotların bulunduğu yükseklikte (yerden 130 cm) ölçülmüştür. Yüksek ED, bu konumda aşılmamış olup manyetik akı yoğunluğunun, düşük ED'nin yaklaşık % 140' ı olduğu tespit edilmiştir (Şekil 7.8.).



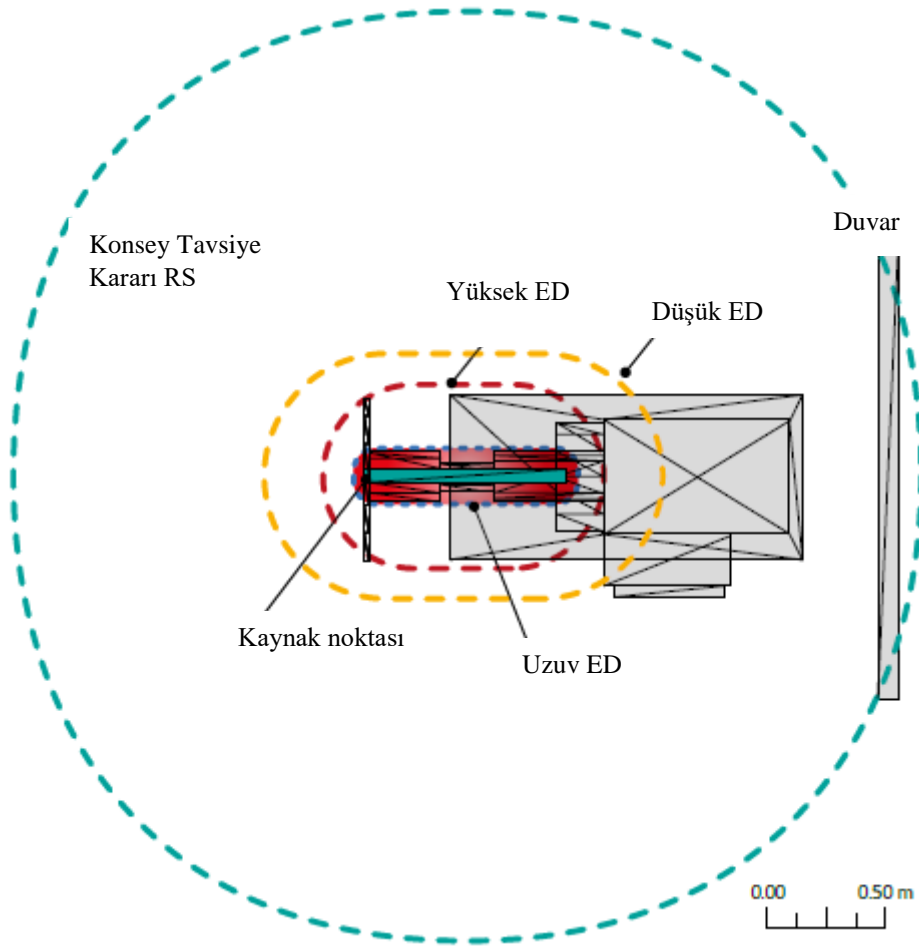
**Şekil 7.8** Operatör konumundaki yüksekliğe (elektrotlardan yana doğru 50 cm) karşı yüksek ve düşük eylem değerlerinin yüzdesi olarak manyetik akı yoğunluğu

Not: Ölçüm belirsizliği  $\pm 10$  ve sonuçlar ED'lerin doğrudan yüzdeleri olarak alınmıştır.

Ölçümler, operatörün elinin elektrotlara en yakın olduğu konumda (kaynak noktasından yaklaşık 10 cm) yapılmıştır. Manyetik akı yoğunluğu, bu pozisyonda uzuv ED' nin %67' sinden azdır. Bununla birlikte uzuvlar, yanlara değil de kaynak elektrotlarının arkasına yerleştirilirse bu durumda uzuv ED'nin aşılabileceği tespit edilmiştir.

Punta kaynakçıya benzer şekilde, danışman; ekipman çevresindeki diğer çeşitli pozisyonlarda ölçümler yapmış ve sonuçları 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleriyle karşılaştırmıştır. Elektrotlardan 2,45 m' ye kadar referans seviyelerin aşılabildiği tespit edilmiştir.

Uzuv ED' ler, yüksek ve düşük ED' ler ile 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerin aşılabileceği alanlar Şekil 7.9.' da gösterilmektedir.



**Şekil 7.9** Dikiş kaynağı etrafında, uzuv eylem değerinin (mavi), yüksek eylem değerinin (kırmızı), düşük eylem değerinin (sarı) ve 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerin (yeşil) aşılabileceği konturları gösteren plan

### 7.7. Risk Değerlendirmesi

İşletme, kullanım kılavuzları ve danışman firma yapılan ölçümlere dayanarak kaynak ekipmanları için EMA' ya özgü risk değerlendirmeleri yapmıştır (Tablo 7.1, 7.2 ve 7.3). Bunlar, OiRA (EU-OSHA'nın

çevrimiçi interaktif risk değerlendirme aracı) tarafından önerilen yöntemle tutarlıdır. Risk değerlendirmesi ile şu sonuca varılmıştır;

- Tipik operatör konumunda, yüksek ED ve uzuv ED aşılmaz,
- Dikiş kaynağı ile çalışırken düşük ED, operatör konumunda aşılabılır,
- 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleri her bir kaynak makinesinin etrafında aşılabılır.

İşletme, risk değerlendirmesinden bir eylem planı geliştirmiş ve belgelemiştir.

**Tablo 7.1.** Tezgah üstü punta kaynakçı için EMA'ya özgü risk değerlendirmesi

Tehlikeler	Mevcut koruyucu ve önleyici tedbirler	Risk altındakiler	Şiddet			Olabilirlik			Risk derecesi	İlave koruyucu ve önleyici tedbirler
			Düşük	Ciddi	Ölümcefil	Beklenmedik	Olası	Mümkün		
<p>Elektromanyetik alanların doğrudan etkileri:</p> <p>Düşük eylem değeri, elektrotlardan 22 cm'ye kadar aşılabılır.</p> <p>1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleri, elektrotlardan 1 m'ye kadar aşılabılır.</p>	<p>Tipik operatör pozisyonu, elektrotlardan 30 cm'den fazla uzakta olup düşük eylem değerinin bu konumda aşılmaması gerekir.</p>	<p>Operatörler</p> <p>Özel risk altındaki çalışanlar (gebe çalışanlar)</p>	✓				✓		<p>Düşük</p> <p>Operatörlere ve atölyede çalışan diğer kişilere bilgilendirme yapılması ve eğitim verilmesi</p> <p>Ekipman üzerinde uyarı bildiren işaretlerin yerleştirilmesi</p> <p>1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerin aşılabileceği alanı belirlemek için zeminin bir sınır çizgisi ile boyanması</p> <p>Gebe çalışanların bu ekipmanları doğrudan kullanmalarının veya ekipman kullanımdayken yerdeki sınır çizgisini geçmelerinin yasaklanması</p>	

Elektromanyetik alanların dolaylı etkileri: (Vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazlara etkisi yönünden)  1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeler, elektrotlardan 1 m'ye kadar aşılabilir.	Yok	Özel risk altındaki çalışanlar		✓		✓		Düşük	Tüm çalışanlara EMA tehlikeleri konusunda eğitim verilmesi  Saha güvenlik bilgilendirmesine uyarıların eklenmesi  Ekipman üzerinde uyarı ve yasak bildiren işaretlerin yerleştirilmesi  Vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazı bulunan çalışanların bu makinaları doğrudan kullanmalarının veya sınır çizgisini geçmelerinin yasaklanması
---	-----	--------------------------------	--	---	--	---	--	-------	---

**Tablo 7.2.** Taşınabilir asma punta kaynakçı için EMA'ya özgü risk değerlendirmesi

Tehlikeler	Mevcut koruyucu önleyici tedbirler	Risk altındakiler	Şiddet			Olabilirlik			Risk derecesi	İlave koruyucu ve önleyici tedbirler
			Düşük	Ciddi	Ölütümlü	Beklenmedik	Olası	Mümkün		
Elektromanyetik alanların doğrudan etkileri:  Yüksek ve düşük eylem değerleri, elektrot kollarından 33 cm'ye kadar aşılabilir.  1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleri,	Yok  Ancak, yüksek ve düşük eylem değerlerinin aşıldığı alan bölgeseldir.	Operatörler  Diğer çalışanlar  Özel risk altındaki çalışanlar (gebe çalışanlar)	✓				✓		Düşük	Operatörlere ve atölyede çalışan diğer kişilere bilgi ve eğitim verilmesi  Ekipman üzerinde uyarı bildiren işaretlerin yerleştirilmesi  1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerin aşılabileceği alanı göstermek için zemine bir sınır çizgisi çizilmesi



ekipmandan 1,3 m'ye kadar aşılabilir.										Gebe çalışanların bu ekipmanı doğrudan kullanmalarının veya ekipman kullanımdayken sınır çizgisini geçmelerinin yasaklanması
Elektromanyetik alanların dolaylı etkileri:  (Vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazlara etkisi yönünden)  1999/519/E C sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleri, elektrotlarda n 1,3 m'ye kadar aşılabilir.	Yok	Özel risk altındaki çalışanlar		✓			✓		Düşük	Tüm çalışanlara EMA tehlikelerine ilişkin bilgi ve eğitim verilmesi  Saha güvenlik bilgilendirmesine uyarıların eklenmesi  Ekipman üzerinde uyarı ve yasak bildiren işaretlerin yerleştirilmesi  Vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazı bulunan çalışanların bu makinaları doğrudan kullanmalarının veya sınır çizgisini geçmelerinin yasaklanması

**Tablo 7.3.** Dikiş kaynağı için EMA'ya özgü risk değerlendirme

Tehlikeler	Mevcut koruyucu önleyici tedbirler	Risk altındakiler	Şiddet			Olabilirlik			Risk derecesi	İlave koruyucu ve önleyici tedbirler
			Düşük	Ciddi	Ölümcül	Beklenmedik	Olası	Mümkün		
Elektromanyetik alanların doğrudan etkileri:	Yok	Operatörler  Diğer çalışanlar	✓				✓		Düşük	Operatörlere ve diğer çalışanlara, özellikle duyuşsal muhtemel etkiler hakkında ve bu etkileri bildirmeleri

<p>Düşük ED, operatör konumunda aşılmıştır.</p> <p>1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleri, elektrotlardan 2,45 m'ye kadar aşılabılır.</p>		<p>Özel risk altındaki çalışanlar (gebe çalışanlar)</p>							<p>hususunda bilgi ve eğitim verilmesi</p> <p>Ekipman üzerinde uyarı bildiren işaretlerin yerleştirilmesi</p> <p>1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerin aşılabileceği alanı göstermek için zemine bir sınır çizgisi çizilmesi</p> <p>Gebe çalışanların ekipmanı doğrudan kullanmalarının veya ekipman kullanımdayken sınır çizgisini geçmelerinin yasaklanması</p>
<p>Elektromanyetik alanların dolaylı etkileri:</p> <p>(Vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazlara etkisi yönünden)</p> <p>1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleri elektrotlardan 2,45 m'ye kadar aşılabılır.</p>	Yok	<p>Özel risk altındaki çalışanlar</p>		✓			✓	Düşük	<p>Tüm çalışanlara EMA tehlikelerine ilişkin bilgi verilmesi</p> <p>Saha güvenlik bilgilendirmesine uyarılar eklenmesi</p> <p>Ekipman üzerinde uyarı ve yasak bildiren işaretlerin yerleştirilmesi</p> <p>Vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazı bulunan çalışanların ekipmanı doğrudan kullanmalarının veya sınır çizgisini geçmelerinin yasaklanması</p>

## 7.8. Mevcut Önlemler

Danışman tarafından yapılan ölçüme dayalı risk değerlendirmesinden önce elektromanyetik alanlara maruziyeti sınırlamak için işyerinde özel bir önlem bulunmamaktadır.

## 7.9. Değerlendirme Sonucunda Alınabilecek İlave Önlemler

Ölçüme dayalı risk değerlendirmesi sonucunda ve ekipmanla ilgili tehlikelerin değerlendirilmesinden sonra işletme, bir eylem planı geliştirmiş ve aşağıdakileri uygulamaya karar vermiştir;

- Kaynak ekipmanları ile ilgili EMA tehlikesi hakkında çalışanlara bilgi sağlamak,
- 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerinin nerede aşılabileceğini göstermek için ekipman etrafındaki zeminde boya ile sınır çizgileri oluşturmak,
- Gebe çalışanlar ile vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazı bulunan çalışanların kaynak ekipmanını kullanmasını veya sınır çizgilerini geçmesini yasaklamak,
- Güçlü manyetik alanlara dair uyarılar ve aktif tıbbi cihazı bulunan çalışanlar için kaynak ekipmanına yönelik yasak bildirimlerini hazırlamak (Şekil 7.10.),
- Ziyaretçiler ve alt işverenler de dahil olmak üzere tüm çalışanların, risklerden haberdar olmasını sağlamak amacıyla uygun prosedürler geliştirmek.

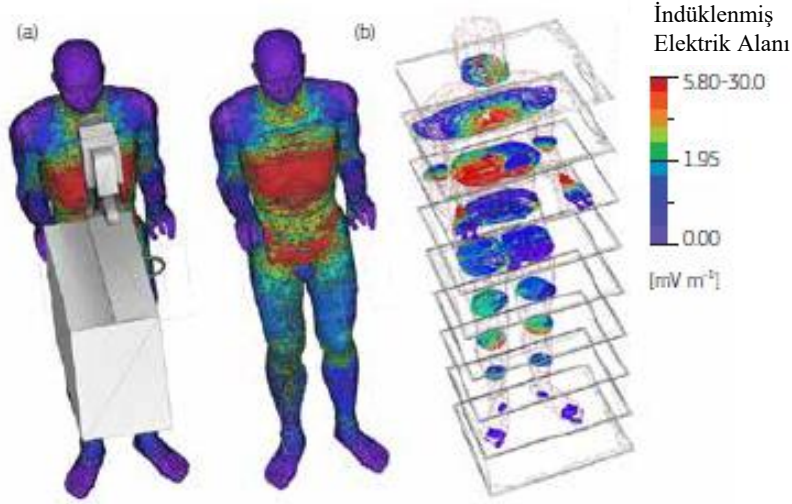


## 7.10. Daha Fazla Bilgi

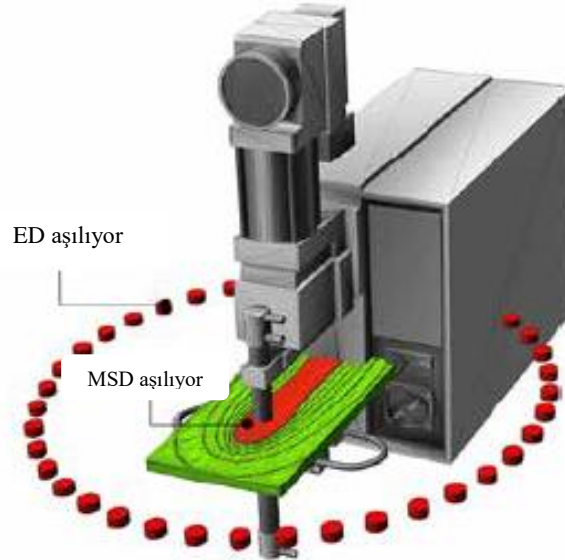
Üç kaynak makinesinin çevresindeki ölçüm sonuçlarına dayanan bilgisayar modellemesi, indüklenen elektrik alanların maruziyet sınır değerlerine uygun olduğunu doğrulamaktadır.

### 7.10.1. Tezgah Üstü Punta Kaynak Makinesi

Tezgah üstü punta kaynak makinesi için operatör maruziyetinin MSD'nin %1' inden az olacağı tespit edilmiştir (Şekil 7.11.). Maruziyet sınır değeri ise ancak operatörün gövdesi, elektrotlar ve kaynakçı mahfazası arasındaki boşluk içine yerleştirildiyse veya ünite çalışırken elektrotlardan bir santimetreden daha az bir mesafeye konumlanmışsa aşılabilmektedir (Şekil 7.12.).



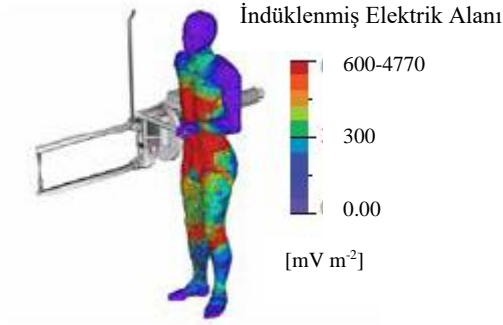
**Şekil 7.11.** Operatörün gövdesi elektrotlardan 20 cm uzakta, elleri ise yaklaşık 8 cm uzakta iken indüklenen elektrik alanının insan modelindeki dağılımı. Şekil ayrıca, nokta kaynakçıya maruziyet nedeniyle indüklenen maksimum iç elektrik alanların vücut yüzeyindeki uzamsal dağılımını (a) ve operatörün vücudundaki çeşitli yatay kesitlerde indüklenen maksimum iç elektrik alanların dağılımını (b) göstermektedir.



**Şekil 7.12** Tezgah üstü punta kaynak makinesinin etrafındaki, sağlık etkili MSD'nin aşılabileceği bölgeleri gösteren konturlar (yeşil tabla üzerindeki kırmızı alan). Ayrıca, sağlık etkili MSD'nin aşılmadığı bölgeler (yeşil alan ve ötesi) ile düşük eylem değerinin aşılabileceği bölgeler (kırmızı daireler) de gösterilmiştir

### 7.10.2. Taşınabilir Asma Punta Kaynak Makinesi

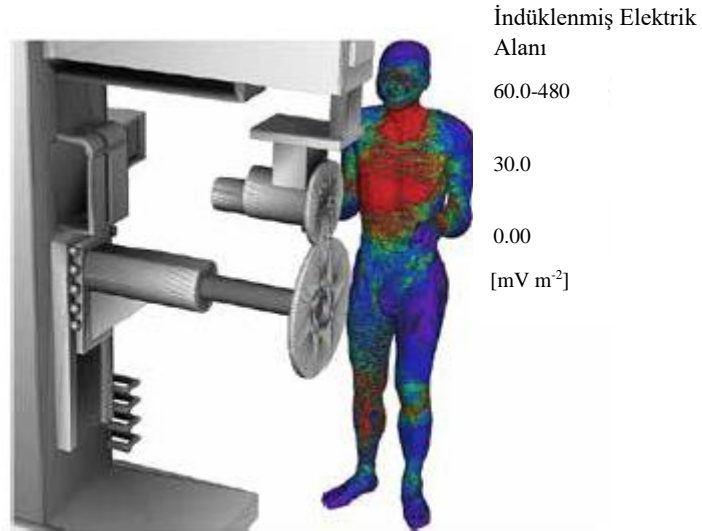
Taşınabilir asma punta kaynakçı için ED' lerin operatör konumunda aşılmadığı tespit edilmiş olup indüklenen elektrik alanın dağılımı Şekil 7.13.' te gösterilmektedir.



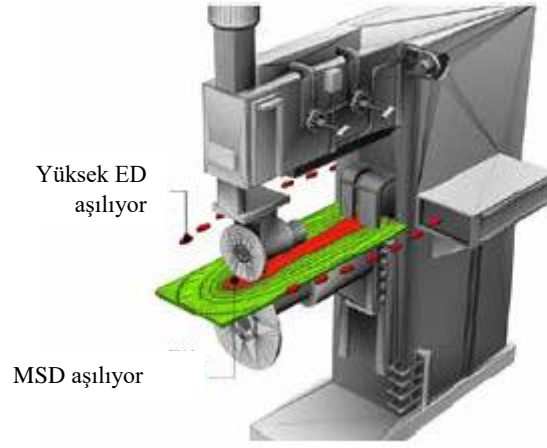
**Şekil 7.13.** Taşınabilir asma punta kaynak makinesine maruz kalındığında, maksimum indüklenmiş elektrik alanların insan modeli üzerindeki uzamsal dağılımı

### 7.10.3. Dikiş Kaynağı

Düşük ED, operatör konumunda aşılmıştır. Ancak bilgisayar modellemesi, operatör konumundaki maruziyetin, MSD' nin %50' sinden daha az olduğunu göstermektedir. İndüklenen elektrik alanın dağılımı Şekil 7.14.' te gösterilmektedir. MSD' lerin ancak operatörün gövdesinin elektrotlar ve kaynakçı mahfazası arasındaki boşluk içine yerleştirilmesi veya ünite çalışırken disk şekilli elektrotlardan 5 cm' den daha az olması durumunda aşılabileceği tespit edilmiştir. Bu bölge, Şekil 7.15.' te kırmızı ile gösterilmiştir.



**Şekil 7.14.** Dikiş kaynak makinesine maruziyet nedeniyle indüklenen maksimum iç elektrik alanların insan modeli üzerindeki uzamsal dağılımı



**Şekil 7.15.** Dikiş kaynak makinesinin etrafındaki, sağlık etkili MSD' nin aşılabileceği bölgeleri gösteren konturlar (yeşil tabla üzerindeki kırmızı alan). Ayrıca, sağlık etkili MSD' nin aşılmadığı bölgeler (yeşil alan ve ötesi) ve yüksek eylem değerinin aşılabileceği bölgeler de (kırmızı çizgiler) gösterilmiştir

## 8. METALURJİK İMALAT

Bu vaka çalışmasında EMA kaynakları şunları içermektedir;

- İndüksiyon fırınları,
- Ark fırınları,
- Küçük bir fırın içeren bir karbon ve sülfür analizörü.

### 8.1. İşyeri

Çeşitli endüstriler için özel metaller ve alaşımlar üreten fabrikalara ait birçok farklı tesislerde elektromanyetik alan kaynakları kullanılmaktadır. İşyerlerinin çeşitli bölümleri arasından bu çalışmada ele alınan alanlar aşağıdakileri içermektedir.

- Küçük hacimli alaşım üretim tesisi,
- Ferro-titanyum üretim tesisi,
- Büyük bir elektrikli eritme tesisi,
- Ark ocağı tesisi,
- Analitik hizmetler laboratuvarı.

### 8.2. İşin Niteliği

Fabrikadaki çeşitli alanlarda metaller ve alaşımlar hammaddelerden üretilmektedir ve fabrikada ayrıca bir laboratuvar da analitik testler de yapılmaktadır.

Bu vaka çalışmasına konu olan süreçlerin çoğu, fırınların manuel olarak yüklenmesini içermekte olup ekipmana bağlı olarak inceleme, genellikle ekipman çalışırken gerçekleştirilmiştir.

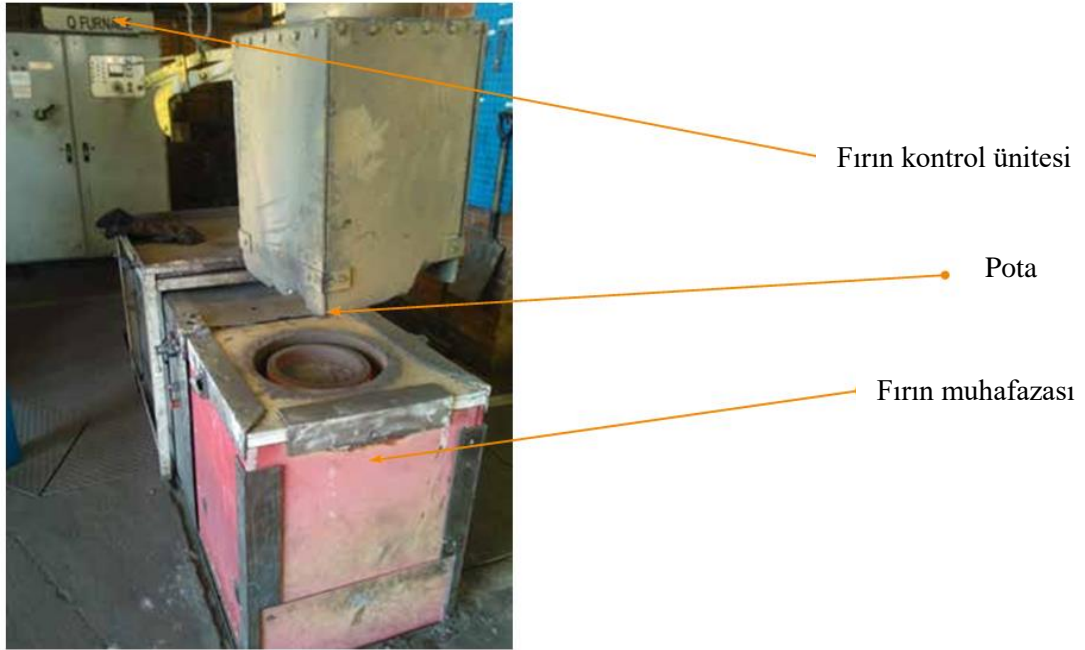
Elektrik çarpması, yangınlar, hareketli makinelerden kaynaklanan riskler gibi diğer sonuçlar nedeniyle yalnızca ekipmanın bakım ve onarım çalışmaları ekipman kapalı iken (güç altında değilken) gerçekleştirilmiştir.

### 8.3. EMA' ya Neden Olan Ekipman ve Nasıl Kullanıldığı Hakkında Bilgi

#### 8.3.1. Küçük Hacimli Alaşım Üretim Tesisi

Bu tesiste, küçük bir indüksiyon fırınında (yaklaşık 30 cm çapında) alaşımlar üretilmektedir. İndüksiyon fırını 2,4 ve 2,6 kHz arasındaki frekanslarda ve 60 - 160 kW arasındaki güçlerde çalışmaktadır. Fırın Şekil 8.1'de gösterilmekte olup çalışma yöntemi aşağıda açıklanmıştır.

- Ocağa 45 kg' a kadar hammadde içeren pota yüklenir,
- Operatör tarafından güç, 60 kW' a ayarlanır ve fırın 2,42 kHz frekansta çalıştırılır,
- Yaklaşık 25 dakikalık bir sürede güç otomatik olarak 160 kW' a çıkar,
- Frekans bu süre zarfında 2,6 kHz' e yükselir,
- Yaklaşık 25 dakika sonra, operatör, gücü 80 kW' a düşürür,
- Beş dakika daha geçtikten sonra, operatör fırını kapatır ve potayı çıkarır.



Şekil 8.1. Küçük hacimli alaşım üretim tesisindeki indüksiyon fırını

#### 8.3.2. Ferro-titanyum Üretim Tesisi

Bu tesiste, tek değişkenli endüktif güç kontrol ünitesi (VIP) ile çalışan iki adet 1,5 ton kapasiteli indüksiyon fırını bulunmaktadır. Ocaklar, 217 ve 232 Hz arasındaki frekanslarda ve 600 kW gücünde çalışmaktadır. Potalar, genellikle fırınlar çalışırken manuel olarak yüklenmektedir.

### 8.3.3. Büyük Bir Elektrikli Eritme Tesisi

Bu tesiste, her biri 1,5 ton kapasiteli ve her biri 50 Hz frekansta çalışan 10 indüksiyon fırını bulunmaktadır. İndüksiyon (kıvılcım) bobinleri, potaların ayrılmaz bir parçası olup güç uygulayabilir ve metal dökülürken metali erimiş halde tutabilirler.

Potalar, üst kısımları seviyeli yükseltilmiş bir platforma yerleştirilmekte ve operatörler, eritme işlemi sırasında potaları genellikle platformdan elle yüklemektedirler. Eriyik işleminin sonunda, potalar eğilerek erimiş metal dökülmektedir.

Fırınlara 70 ila 1300 kW güç aralığında çalışmaktadır. Fırınlara uygulanan güç, eriyik işlemi boyunca değişmekte olup işlem sonuna kadar azalmaktadır çünkü metal tamamen eritildikten sonra erimiş formda tutmak için daha düşük bir güç gerekmektedir.

Fırınlara güç, fırınların altındaki transformatörlerden sağlanmaktadır. Transformatörler ve baralar kafeslere yerleştirilmiş olup erişim bir Castell kilit sistemi ile kısıtlanmıştır. Endüktif güç kontrol üniteleri, fırın platformundaki kontrol odalarına yerleştirilmiştir.

### 8.3.4. Ark Ocağı Tesisi

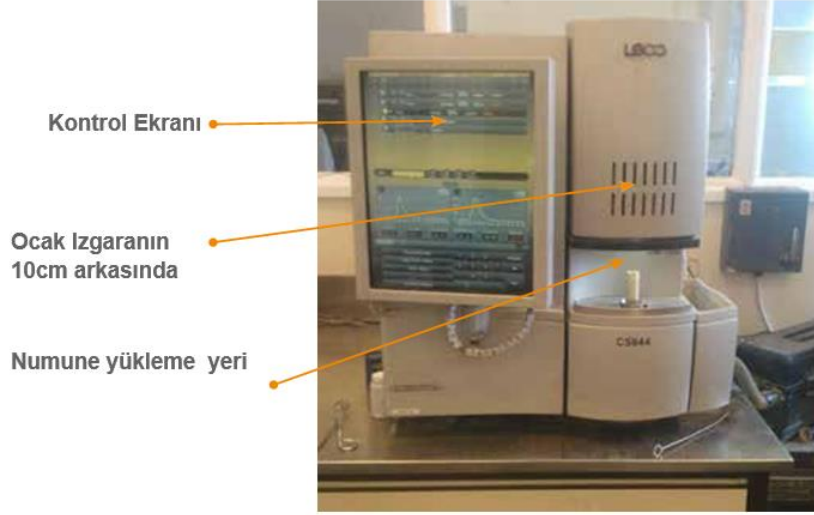
Bu tesiste, her biri 50 Hz frekansta çalışan nikel-bor ve krom-bor üreten iki ark ocağı bulunmaktadır. Ocaklar, yığın başına yaklaşık 1 ton ürün üreten sürekli yığın ocaklarıdır. Bu ocaklar elle yüklenmektedir ve kontrol odalarından çalıştırılmaktadır.

Ocaklar 500 ila 1000 kW güç aralığında çalışmaktadır. Ocaklara güç sağlayan transformatörler ve baralar kafeslere yerleştirilmiş olup erişim bir Castell kilit sistemi ile kısıtlanmıştır.

### 8.3.5. Analitik Hizmet Laboratuvarı

Bu laboratuvarında tezgah üstü karbon ve sülfür analizörü kullanılmaktadır. Analizör, 18 MHz frekansta çalışan 2,2 kW'lık küçük bir ocak içermektedir. Operatör tarafından analizöre yüklenen örnekler, analizörün içine yerleştirilmiş olan ocak bobininin merkezine, muhafazanın içinde yaklaşık 10 cm yükseltilir. Analiz yapılırken ocak yaklaşık bir dakika süreyle çalıştırılır. Bu aşamadan sonra örnek ocaktan indirilir ve operatör tarafından alınır. Numunenin yüklenmesinden alınmasına kadar olan tüm süreç otomatik olarak gerçekleştirilmektedir ve operatörün çalışırken analizöre yakın durması gerekmez (Analiz cihazı Şekil 8.2.'de gösterilmektedir).





**Şekil 8.2.** Analitik hizmet laboratuvarındaki karbon ve kükürt analizörü

#### 8.4. Maruziyet Değerlendirmesi Yaklaşımı

Ölçümler, bir uzman danışman tarafından özellikli ölçüm cihazları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Alanın büyük olması ve EMA ile karşılaşılacak çok sayıda çalışma ortamı bulunması nedeniyle, eylem değerlerinin aşılabileceği alanları belirlemek amacıyla işyerinde ön inceleme yapılmıştır. Bu alanlar daha sonra tekrar ziyaret edilmiş ve eylem planına yönelik daha ayrıntılı ölçümler yapılmıştır. Tüm ölçümler, ekipman çalışırken çalışanların erişebileceği yerlerde gerçekleştirilmiştir.

Çalışanların EMA maruziyetine yol açan en büyük etken ekipmanlar tarafından oluşturulduğundan, ölçümlerde, ekipmanlardan üretilen manyetik alanlara odaklanılmıştır.

Özel risk altındaki çalışanların maruziyeti değerlendirilirken, 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleri ile karşılaştırma yapılmıştır.

##### 8.4.1. Küçük Hacimli Alaşım Üretim Tesisi

Erimme süreci boyunca tesisin çeşitli yerlerinde ölçümler yapılmıştır. Ölçüm alınan yerler;

- Fırına yakın,
- Kontrol ünitesine yakın,
- Kontrol ünitesini besleyen kablolarına yakın,
- Kontrol ünitesinden fırına giden kablolarına yakın,
- Operatör kabininde.

##### 8.4.2. Ferro-titanyum Üretim Tesisi

Eritme süreci boyunca tesisin çeşitli yerlerinde ölçümler yapılmıştır. Ölçüm alınan yerler;

- Ocaklara yakın,
- VIP kontrol ünitesine yakın,
- Kontrol ünitesini besleyen kablolarına yakın,

- Kontrol ünitesinden ocağa giden kablolarına yakın,
- Operatörün çalışma masasında.

#### 8.4.3. Büyük Elektrikli Eritme Tesisi

Ocaklar çalışırken tesisin çeşitli yerlerinde ölçümler yapılmıştır. Ölçüm alınan yerler;

- Ocakları platformdan yükleyen operatörlerin bulunduğu konumlarda,
- Pota eğme mekanizmalarını kullanırken operatörlerin bulunduğu konumlarda,
- Eğim sırasında potaya yakın,
- Kontrol odaları,
- VIP kontrol ünitelerine yakın,
- Kontrol ünitelerini besleyen kablolarına yakın,
- Kontrol ünitelerinden ocaklara giden kablolarına yakın,
- Transformatörlerin kafeslerinin dışında,
- Baraların altındaki en yakın erişim noktalarında.

#### 8.4.4. Ark Ocağı Tesisi

Ocaklar çalışırken tesisin çeşitli yerlerinde ölçümler yapılmıştır. Ölçüm alınan yerler;

- Ocakları yüklerken operatörlerin bulunduğu konumlarda,
- Kontrol odaları,
- Kontrol ünitelerine yakın,
- Ocaklar tabanlarının etrafındaki en yakın erişim noktaları,
- Baraların altındaki en yakın erişim noktaları,
- Transformatör kafeslerinin etrafı,
- Ocakların etrafındaki yürüyüş yolları.

#### 8.4.5. Analitik Hizmetler

Ölçümler, ocak çalışırken analizör çevresinde yapılmıştır. Analiz yapılırken ocağın etrafındaki alan ve operatörün bulunduğu konuma özellikle dikkat edilmiştir.

### 8.5. Maruziyet Değerlendirmesinin Sonuçları

#### 8.5.1. İlk Maruziyet Değerlendirmesi

Ölçüm sonuçları, yüksek ve düşük ED' ler ile 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuçların herhangi bir çalışma alanında ED' leri aştığı tespit edildiğinde, manyetik akı yoğunluğunun ED' nin % 100' üne eşit olduğu mesafeyi belirlemek için bir ölçüm daha yapılmış, böylece ED' nin aşıldığı alanlarda çalışanın konumlanma ihtimali bulunup bulunmadığına dayalı olarak daha ayrıntılı bir değerlendirmeye ihtiyaç olup olmadığına karar verilmiştir. İlk maruziyet değerlendirmesinin bulguları Tablo 8.1.'de özetlenmektedir.

**Tablo 8.1.** İlk maruziyet değerlendirmesinin önemli bulgularının özeti

Çalışma alanı	Ekipman	En çok maruziyetin olduğu alanlar ve ED sınırının lokasyonu	Maruziyet kırılımı (yüzde)		
			Düşük eylem değeri	Yüksek eylem değeri	1999/519/E C sayılı Karardaki referans seviyesi
Küçük hacimli alaşım üretim tesisi	İndüksiyon fırını (2.42-2.6 kHz)	Fırın gövdesinin kenarından 50 cm	% 190 <sup>1</sup>	% 190 <sup>1</sup>	% 3500 <sup>2</sup>
		Fırın gövdesinin kenarından 80 cm	% 100 <sup>1</sup>	% 100 <sup>1</sup>	% 1800 <sup>2</sup>
Ferro-titanyum üretim tesisi	İki adet indüksiyon fırını (217-232 Hz)	VIP kontrol ünitesine yakın dururken gövdenin konumu	% 7.8 <sup>3</sup>	% 6.0 <sup>4</sup>	% 360 <sup>5</sup>
Büyük elektrikli eritme tesisi	10 adet indüksiyon fırını (50 Hz)	Eğim sırasında kablolardan potaya 30 cm	% 40 <sup>3</sup>	% 6.7 <sup>6</sup>	% 400 <sup>7</sup>
Ark ocağı tesisi	İki ark ocağı (50 Hz)	Ocak tabanına en yakın erişim noktasında dururken gövdenin konumu	% 70 <sup>3</sup>	% 12 <sup>6</sup>	% 700 <sup>7</sup>
Analitik hizmet laboratuvarı	Radyofrekans ocağı içeren karbon ve kükürt analizörü (18 MHz)	Analizör gövdesinin yüzeyinden 20 cm	% 110 <sup>8</sup>		% 230 <sup>9</sup>
		Analizör gövdesinin yüzeyinden 22 cm	% 100 <sup>8</sup>		% 220 <sup>9</sup>

<sup>1</sup> 2,6 kHz frekans için manyetik akı yoğunluğu yüksek ve düşük eylem değeri: 115  $\mu$ T

<sup>2</sup> 2.6 kHz frekans için 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyesi: 6.25  $\mu$ T

<sup>3</sup> 25 ila 300 Hz arasındaki frekanslar için manyetik akı yoğunluğu düşük eylem değeri: 100  $\mu$ T

<sup>4</sup> 230 Hz frekans için manyetik akı yoğunluğu yüksek eylem değeri: 1300  $\mu$ T

<sup>5</sup> 230 Hz frekans için 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyesi: 21,7  $\mu$ T

<sup>6</sup> 50 Hz frekans için manyetik akı yoğunluğu yüksek eylem değeri: 6000 mT

<sup>7</sup> 50 Hz frekans için 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyesi: 100  $\mu$ T

<sup>8</sup> 10 ila 400 MHz aralığındaki frekanslar için manyetik akı yoğunluğu eylem değeri: 0,2  $\mu$ T

<sup>9</sup> 10 ila 400 MHz arasındaki frekanslar için 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyesi: 0.092  $\mu$ T

Not: Ölçüm belirsizliği  $\pm$ % 10 ve sonuçlar ED' lerin doğrudan yüzdeleri olarak alınmıştır.

İlk maruziyet değerlendirmesinin sonuçları, işletmeye aşağıdaki bilgileri sağlamıştır:

- Yüksek ve düşük ED' ler, küçük hacimli alaşım üretim tesisinde indüksiyon fırınından 80 cm uzaklığa kadar aşılabilir ve eritme işlemi süreci boyunca çalışanlar bu alana kolayca erişilebilir,
- ED, analitik hizmet laboratuvarındaki karbon ve kükürt analiz cihazından 22 cm uzaklığa kadar aşılabilir ve çalışanların, ocak çalışırken vücutlarının hiçbir parçasını bu alanda konumlandırmaları gerekmez,
- Karbon ve kükürt analizörü örneğinde, ED' nin aşıldığı alan küçük olup analizörün çalışma

şekli, çalışanların ED' leri aşan elektrik ve manyetik alanlara maruz kalmalarını engellemektedir.

- Değerlendirilen erişilebilir yerlerdeki tüm çalışma alanlarında, 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleri aşılmıştır,

İlk maruziyet değerlendirmesinin bulgularına dayanarak danışman, küçük hacimli alaşım üretim tesisindeki indüksiyon fırınında daha ayrıntılı değerlendirme de yapmıştır.

### 8.5.2. Küçük Hacimli Alaşım Üretim Tesisinde İndüksiyon Fırınının Detaylı Maruziyet Değerlendirmesi

Danışman, fırının nasıl çalıştırıldığına dair ön incelemesinden sonra maruziyet değerlendirmesini yapmış ve böylece soruna yönelik pratik bir çözüm önerisi geliştirmeyi amaçlamıştır.

Fırın çevresindeki çeşitli yerlerde manyetik akı yoğunluğu ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümlerin sonuçları, ED' lerin konturları ile 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerin karşılaştırılabilmesine imkan tanımıştır. Zeminde, ED' lerin aşıldığı alanın boyutunu belirtmek için işaretleme yapılmıştır (Şekil 8.3.). Ayrıntılı maruziyet değerlendirmesinin anlamlı bulguları Tablo 8.2.'de özetlenmektedir. Fırının; ED' lerin konturları ile 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleri gösteren bir ölçekli çizimi Şekil 8.4.' te gösterilmektedir.

**Tablo 8.2.** Küçük hacimli alaşım üretim tesisinde indüksiyon fırınının ayrıntılı maruziyet değerlendirmesinden elde edilen önemli bulgularının özeti

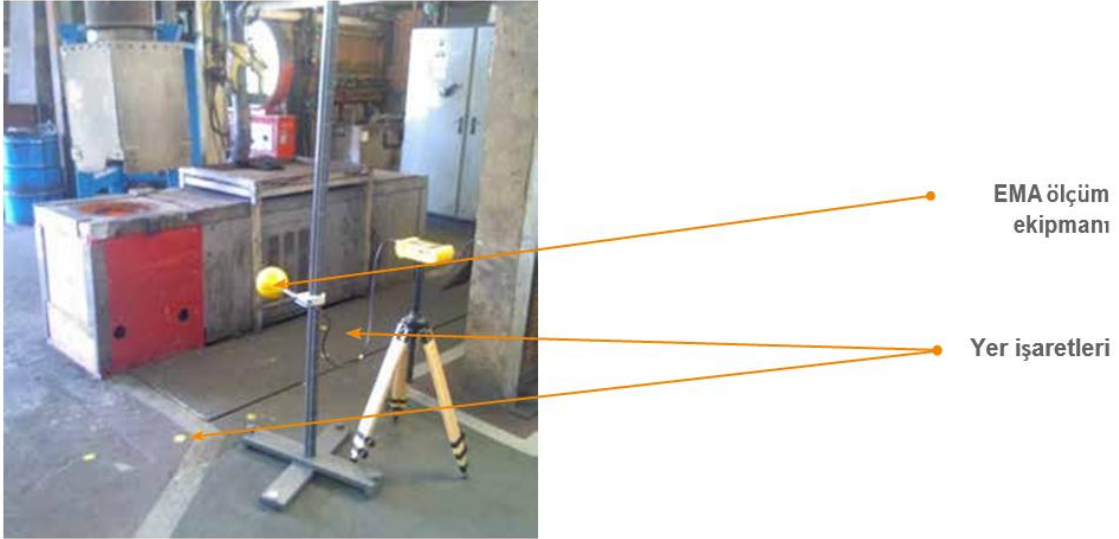
Ölçüm yeri	Maruziyet kırılımı (yüzde)		
	Yüksek ve düşük eylem değerleri <sup>1</sup>	Uzuv eylem değeri <sup>2</sup>	1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleri <sup>3</sup>
Fırın gövdesinin kenarından 45 cm (uzuv eylem değerine mesafe)	%300	%100	%5500
Fırın gövdesinin kenarından 80 cm (uzuv eylem değerine mesafe)	%100	%33	%1800
Fırın gövdesinin kenarından 300 cm (1999/519/EC sayılı Karardaki referans seviyesine mesafe)	%5,4	%1,8	%100
Kontrol ünitesinde dururken gövdenin konumu	%3,5	%1,2	%64
Fırın gövdesinin kenarından 450 cm (operatör kabininde dururken gövdenin konumu)	%2,0	%0,67	%37

<sup>1</sup> 2.6 kHz frekans için manyetik akı yoğunluğu yüksek ve düşük eylem değerleri: 115 µT

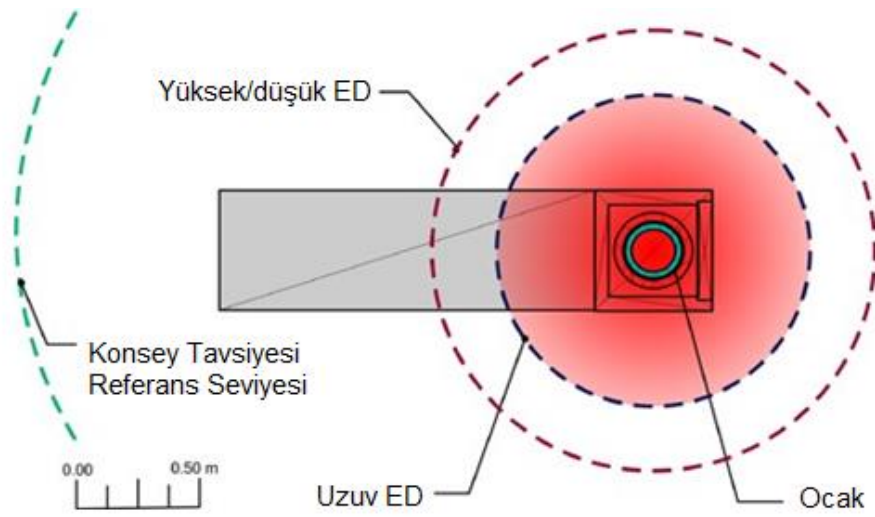
<sup>2</sup> 2.6 kHz frekans için manyetik akı yoğunluğu uzuv eylem değeri: 346 µT

<sup>3</sup> 2.6 kHz frekans için 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyesi: 6.25 µT

Not: Ölçümler belirsizliği ±% 10 ve sonuçlar ED' lerin doğrudan yüzdeleri olarak alınmıştır.



**Şekil 8.3.** Zeminde, düşük ve yüksek eylem değerlerinin aşıldığı alanların yerini gösteren işaretler



**Şekil 8.4.** Küçük hacimli alaşım üretim tesisindeki indüksiyon fırını çevresinde, eylem değerleri ile 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerin aşılabileceği konturları gösteren plan

Şekil 8.4.' te gösterilen konturlar, fırının ortasında merkezi daireler şeklindedir. Fırın çalışırken operatörün yüksek ve düşük ED konturu içindeki alana girmesinin gerekmediği gözlenmiştir çünkü bu alana erişim gerektiren tüm görevler (eritme işleminden önce potayı fırına yükleme ve eritme işleminin tamamlanmasından sonra boşaltma) fırın kapalıyken gerçekleştirilir (Şekil 8.5.). Bu işe, güçlü manyetik alanlara maruziyeti kısıtlamak için alana erişimin önlenmesinin en iyi yol olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, fırının etrafına bariyerlerin yerleştirilmesi, bir engel oluşturacağı ve potalarla çalışılan faaliyetler için daha ciddi kazaların ortaya çıkması riskini artıracığından mümkün olmadığı düşünülmüştür.



**Şekil 8.5.** Fırına yakın erişim gerektiren görevler, fırın kapalıyken gerçekleştirilir

### 8.6. Risk Değerlendirmesi

Danışman tarafından yürütülen maruziyet değerlendirmesine dayanarak işletme, EMA' ya özgü bir risk değerlendirmesi gerçekleştirmiştir. Bu, OiRA (EU-OSHA'nın çevrimiçi interaktif risk değerlendirme aracı) tarafından önerilen yöntemle tutarlıdır. Risk değerlendirmesine göre;

- Özel risk altındaki çalışanlar sahadaki çalışma alanlarının herhangi birinde EMA yönünden tehlikeyle karşılaşabilirler,
- Küçük hacimli alایشim üretim tesisinde, özel risk altındaki çalışanlar da dahil olmak üzere tüm çalışanlar, ED' lerin aşıldığı alanlara sınırsız erişime sahiptir.

İşletme, risk değerlendirmesi sonucunda bir eylem planı geliştirmiş ve belgelemiştir. Saha için EMA' ya özgü risk değerlendirmesi örneği Tablo 8.3.' de gösterilmektedir.

**Tablo 8.3.** Metalurji üretim sahası için EMA' ya özgü risk değerlendirmesi

Tehlikeler	Mevcut koruyucu ve önleyici tedbirler	Risk altındakiler	Şiddet			Olabilirlik			Risk derecesi	İlave koruyucu ve önleyici tedbirler
			Düşük	Ciddi	Ölümcül	Beklenmedik	Olası	Mümkün		
Manyetik alanın doğrudan etkileri	Yok	Küçük hacimli alaşım üretim tesisinde çalışanlar	✓					✓	Orta	Eylem değerlerinin aşıldığı alana erişimin önlenmesi
		Diğer alanlardaki çalışanlar da değerlendirilmelidir	✓			✓			Düşük	Eylem değerlerinin aşıldığı çalışma alanlarına uyarı bildiren uygun işaretlerin yerleştirilmesi
		Ziyaretçiler	✓				✓		Düşük	Saha güvenlik bildirimlerine çalışanlara yönelik özel uyarıların eklenmesi
		Özel risk altındaki çalışanlar (gebe çalışanlar dahil)		✓				✓	Orta	Diğer çalışma alanlarına erişim noktalarında vücuda yerleşik tıbbi cihazı bulunan kişiler için uygun uyarı bildirimlerinin yerleştirilmesi
Manyetik alanın dolaylı etkileri	Yok			✓			✓	Orta	Saha güvenlik bildirimlerine alt işverenler ve ziyaretçilere yönelik uygun uyarı bildirimlerinin yerleştirilmesi	
(Vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazlar ile etkileşim)								Orta	Yukarıya bakınız	

## 8.7. Mevcut Önlemler

Elektrik çarpması tehlikesi nedeniyle ekipmanla ilişkili transformatörlere ve baralara erişim kısıtlandığından potansiyel olarak güçlü manyetik alanlara erişim bir miktar engellenmiş olmakla birlikte maruziyet değerlendirmesi yapılmadan önce işyerinde özellikle EMA maruziyetinin ortadan kaldırılması ile ilgili herhangi bir önlem bulunmamaktadır.

Büyük üretim fırınları veya bunların kontrol üniteleri önemli ölçüde daha büyük güçler barındırmasına rağmen çevresindeki erişilebilir yerlerde ED'lerin aşılması dikkate değer bir gözlemdir. Ekipmanın fiziksel boyutu nedeniyle ED'lerin aşılmaması muhtemeldir ve bu da potansiyel olarak güçlü manyetik alanlara erişimin mümkün olmadığı anlamına gelmektedir. ED'lerin aşılabileceği alanların, daha yakın ve erişimi mümkün olduğu için daha küçük ekipmanların etrafında bulunduğu tespit edilmiştir.

## 8.8. Değerlendirme Sonucunda Alınabilecek İlave Önlemler

Maruziyet değerlendirmesi sonuçlarına dayanarak işletme, özel risk altındaki çalışanlar da dahil olmak üzere, çalışanlara zarar verebilecek düzeylerde EMA'ya maruz kalınmamasını sağlamak amacıyla koruma ve önleme tedbirleri almıştır. İlk maruziyet değerlendirmesinden hemen sonra bazı ek önlemler de alınmıştır. Bu önlemler şunları içermektedir;

- Vücuda yerleşik tıbbi cihazı bulunan kişilerin çalışma alanlarına girmesi önlenmiştir,
- Şirketin saha sağlık ve güvenlik bildirimleri, güçlü manyetik alanların varlığına dair bir uyarı ve vücuda yerleşik tıbbi cihazı bulunan kişilere yönelik bir uyarı içerecek şekilde güncellenmiştir,
- İlgili çalışma alanlarına erişim noktalarına “manyetik alan” ve “tıbbi implant yok” piktogramlarının yanı sıra uygun ifadeler içeren uyarı notları asılmıştır (Şekil 8.6.).

Daha ayrıntılı maruziyet değerlendirmesinin ardından aşağıda yer verilen ilave koruma ve önleme tedbirleri alınmıştır;

- Küçük hacimli alaşım üretim tesisinde, ED'lerin aşıldığı alanı göstermek için indüksiyon fırının etrafındaki zemin boya ile işaretlenmiş (Şekil 8.7.) ve çalışanlar, fırın çalışırken alana girmemeleri yönünde bilgilendirilmiştir,
- “Güçlü manyetik alan” ve yasak piktogramları ile uygun ifadeleri içeren uyarı bildirimleri (Şekil 8.7.), indüksiyon fırınının yakınına yerleştirilmiştir.





Şekil 8.6. Çalışma alanlarına erişim noktalarına yerleştirilen uyarı ve yasak bildirim örnekleri



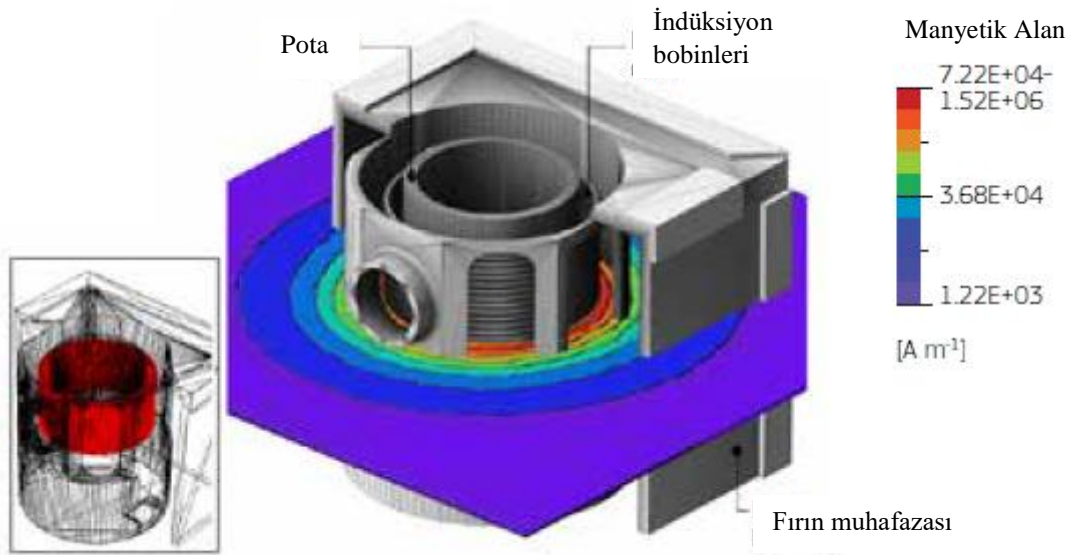
Şekil 8.7. Eylem değerlerinin aşılabileceği alanı gösteren boyalı zemin ve ilgili uyarı ve yasak notları

### 8.9. Ek Bilgi

İşletme, küçük hacimli alaşım üretim tesisi çalışırken, MSD' ler açısından değerlendirilen alanda bulunan bir çalışanın potansiyel maruziyetini bilgisayar modellemesi kullanarak değerlendirmiştir.

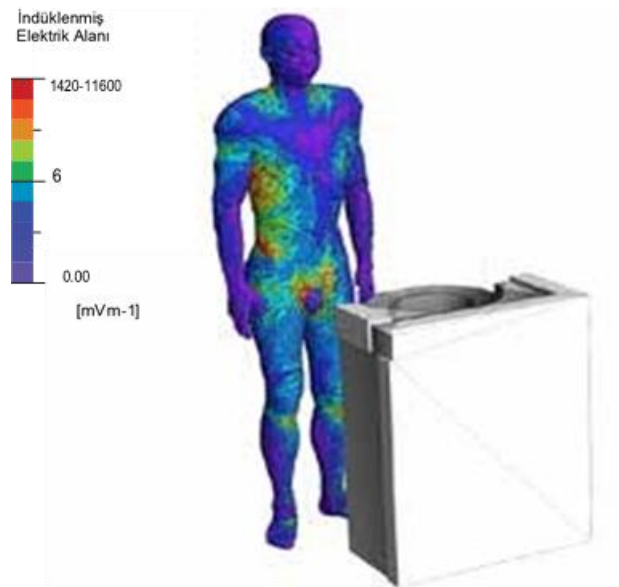
Bilgisayar modellemesi, çalışan fırına yakın bir noktada konumlanmış operatörün gövdesinde indüklenen iç elektrik alanları değerlendirmiştir. Modellemenin parametreleri, modelin, maruziyet değerlendirmesinin ölçüm aşamasında elde edilenlere benzer manyetik alan kuvveti değerleri üreteceği şekilde belirli değerlere ayarlanmıştır.

İndüksiyon fırını etrafında modelleme yoluyla elde edilen, x-y düzleminde manyetik alanın uzamsal dağılımı Şekil 8.8.' de gösterilmektedir. Bu hesaplanan alan değerleri, maruziyet değerlendirmesi sırasında ölçümlerden elde edilen değerlerle uyumlu olup indüksiyon bobinine yakinken manyetik alan kuvvetlerinin nispeten yüksek olmasına rağmen, bu değerlerin mesafe ile çok hızlı bir şekilde düştüğünü de göstermektedir.



**Şekil 8.8.** Modelleme yoluyla elde edilen x-y düzlemindeki manyetik alanın, indüksiyon fırınının kesit görüntüsü etrafındaki uzamsal dağılımı. İndüksiyon bobini kırmızı ile gösterilmiştir

Vücutta indüklenen iç elektrik alan hesaplamaları, indüksiyon fırınının merkezinden 65 cm uzaktaki bir çalışan için gerçekleştirilmiştir. İndüklenen elektrik alanın, insan modelindeki dağılımı Şekil 8.9.' da gösterilmektedir. Bu konumdaki bir maruziyet için vücutta hesaplanan en yüksek elektrik alan değeri  $916 mV m^{-1}$  olup kemik dokusundadır. Bu değer, 2,43 kHz frekans için sağlık etkili MSD' nin %83' ünü temsil etmektedir.

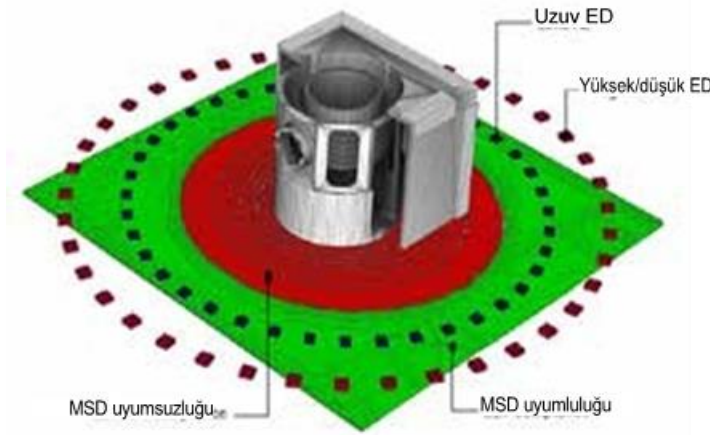


**Şekil 8.9** İndüksiyon fırına maruziyet sonucu indüklenen maksimum iç elektrik alanların, insan modeli üzerindeki uzamsal dağılımı

İndüksiyon fırınına maruziyet nedeniyle sağlık etkili MSD' nin aşılabileceği bölge, fırından çeşitli mesafelerdeki insan modelinden yararlanılarak maruziyet modellemesi yoluyla tanımlanmıştır.

Operatörün gövdesinin, çalışma sırasında fırının merkezinden yaklaşık 60 cm' lik bir yarıçap içerisinde konumlanması halinde MSD' nin aşılabacağı tespit edilmiştir. Bu bölge, Şekil 8.10.' da kırmızı alan ile temsil edilerek gösterilmiştir. ED' lerin aşılabileceği alanlar da Şekil 8.4.' de verilmiştir.

Fırının yaklaşık 63 cm x 63 cm' lik (yani fırının merkezinden 31,5 cm mesafeye kadar uzanan) bir muhafaza içine monte edildiğinde çalışan, gövdesi ile fırının muhafazasına çok yakın durmak zorunda kalır ki bu durum MSD' lerin aşılması yönünden muhtemel bir maruziyet senaryosu olarak kabul edilmemiştir. Bu durum, boyalı zeminin yeterli bir önleme tedbiri olduğuna dair işletmeye güven vermiştir.



**Şekil 8.10** İndüksiyon fırını etrafında, sağlık etkili MSD' nin aşılabileceği bölgeleri gösteren konturlar (yeşil tabla üzerindeki kırmızı alan). Ayrıca, sağlık etkili MSD' nin aşılmadığı bölgeler (yeşil alan ve ötesi) ve eylem değerlerinin aşılabileceği bölgeler de (mavi ve kırmızı kareler) gösterilmiştir

## 9. RADYOFREKANS (RF) PLAZMA CİHAZLARI

Radyo frekans plazma cihazları tipik olarak yarı iletken cihazlar ve entegre devrelerin imalatında kullanılmaktadır. Ayrıca diğer endüstrilerde optik bileşenleri temizlemek, spektroskopik uygulamalar ve araştırmalarda kullanılırlar. Bu vaka çalışması, temiz oda ortamında ince yarıiletken tabaka (wafer) üretim sürecinde kullanılan radyo-frekans plazma cihazları ile ilgilidir. İşveren, işyerine geri dönmeye hazırlanmakta olan kalp pili takılı bir çalışan için ortaya çıkabilecek potansiyel tehlikeden endişe duymaktadır. Kalp pili üreticisi, işverene, kalp pili ile elektromanyetik alanlara maruziyetin güvenli sınırları hakkında ayrıntılı bilgiler de sağlamıştır.

### 9.1. İşin Niteliği

Kalp pili takılı çalışanın işyerinde yürüttüğü faaliyet tipik olarak radyo-frekans plazma cihazlarına ince yarıiletken tabaka yüklenmesini ve cihazların çalıştırılmasını içermektedir (Şekil 9.1.).



Şekil 9.1. İnce yarıiletken tabaka yükleme alanı

Şekil 9.2. Servis alanındaki reaksiyon bölmeleri

## 9.2. EMA' ya Neden Olan Ekipman Hakkında Bilgi

Bu işyerindeki radyo-frekans plazma cihazları tipik olarak bir radyo-frekans kaynağı ve vakumlanmış bir reaksiyon bölgesinden oluşmaktadır (Şekil 9.2.). Sahada kullanılan bazı cihazlar, çoklu radyo-frekans kaynakları ve/veya çoklu reaksiyon bölmeleri içerir. Üretilen radyo-frekans alanı, bölme içindeki ince yarıiletken tabakanın (wafer) aşındırma, biriktirme ve sıyırma gibi işlemlerini gerçekleştirmek için plazma deşarjını oluşturmak ve sürdürmek için kullanılır. Üretilen RF frekansları birkaç yüz kHz ile birkaç GHz arasında değişebilir. Kullanılan yaygın frekanslar 400 kHz, 13,56 MHz ve 2,45 GHz' dir.

Bu tip ekipmanlarda, radyo-frekans alanı genellikle ekipman muhafazası ve metalik reaksiyon bölgesi ile kalkanlanmış olur. Ekipman muhafazasında yanlış hizalanmış veya yanlış takılmış paneller, eksik vidalar, hatalı kablo konektörleri gibi boşlukların olduğu yerler ile esnek dalga kılavuzlarının hasarlı olması halinde RF sızıntısı görülebilir. Reaksiyon bölgesindeki veya dalga kılavuzlarındaki boşluklar, vakum ortamında izlenecek kayıp yoluyla gözlemlenebilir. Bazı bölmelerde koruyucu ekranlı izleme pencereleri de (Faraday kafesi) bulunmakla birlikte eksik veya hasarlı ekranlar radyo-frekans sızıntısına neden olabilir.

Bazı ekipmanlar ayrıca statik manyetik alanlar üreten güçlü mıknatıslar içermektedir.

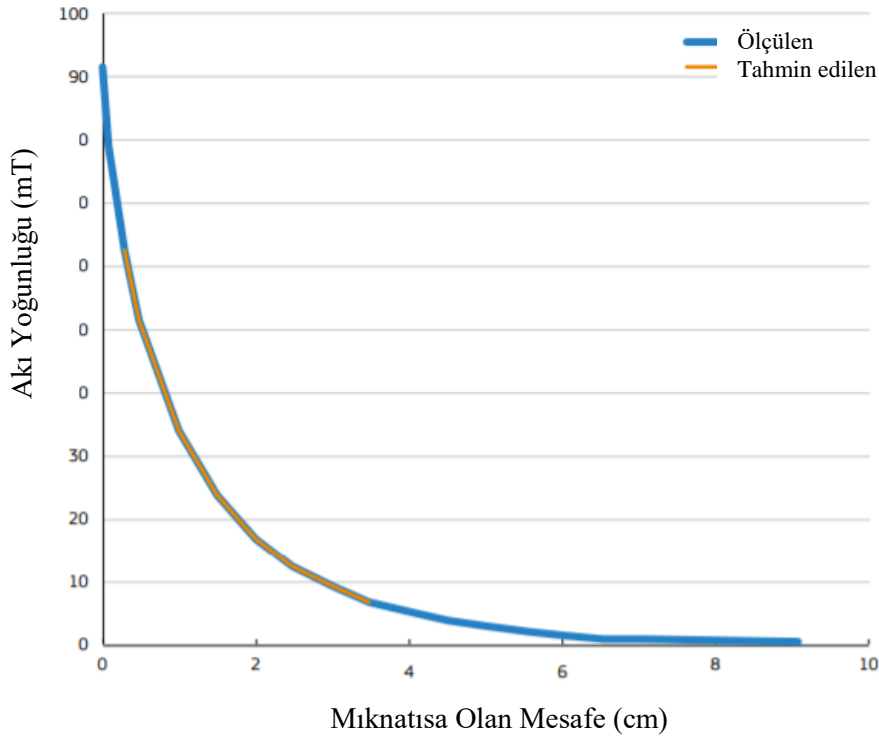
## 9.3. Uygulama Nasıl Kullanılır

Kalp pili olan kişi, genellikle ekipmanın çalıştırıldığı ve ince yarıiletken tabakaların yüklendiği temiz odanın üretim alanında bulunmaktadır. Her bir ekipman parçası ile ilişkili reaksiyon bölmeleri ve RF jeneratörleri servis alanında bulunmaktadır. Bu çalışan servise alanına girebilir ancak ekipmanın bakımı veya onarımı ile ilgilenmez.

#### 9.4. Maruziyet Değerlendirmesi Yaklaşımı

Bu ekipmanın etrafında elektromanyetik alan ölçümleri yapmak mümkündür. Bununla birlikte, bu ölçümler için özellikli ölçüm cihazları bulunan bir uzman danışmanın yardımı gerekmektedir çünkü kullanılan frekansların çeşitliliği nedeniyle çoklu ölçüm cihazlarına ihtiyaç vardır. Ek olarak, ara frekans alanları için (örn. 400 kHz ve 13,56 MHz) ölçümlerin “yakın alanda” yapılması ve elektrik ve manyetik alanların da ayrı ayrı ölçülmesi gerekir. Daha yüksek frekanslarda (2,45 GHz), ölçümler genellikle 'uzak alanda' yapılır. Bu durumda, elektrik ve manyetik alanlar elektromanyetik bir dalga olarak yayılır ve bu nedenle sadece elektrik alanını ölçmek daha kolay ve yeterlidir.

Maruziyet değerlendirmesinin ilk adımı olarak, işveren; radyo-frekans plazma cihazlarının üreticileri ile ekipmanlardan radyo-frekans alanlarının sızıntı potansiyeli ve bunun bir tehlike arz edebileceği mesafeler hakkında bilgi istemek için temasa geçmiştir. Üreticilerden biri, cihazlara yüklenen güçlü mıknatıslardan uzaklaştıkça statik manyetik alan seviyesinin nasıl azaldığını gösteren bir grafik (Şekil 9.3) sağlamış ve işverene, mıknatıslardan 10 cm mesafede akı yoğunluğunun 0,5 mT' nin altına düşeceğini bildirmiştir.



Şekil 9.3. Manyetik akı yoğunluğunun mesafeye göre azaldığını gösteren grafik

Kalp pili üreticisi, elektromanyetik girişime yol açan çeşitli kaynaklar için güvenli sınırlar sağlamıştır (Tablo 9.1.). İşveren, statik manyetik alan değerinin gauss cinsinden belirtildiğini ve EMA Direktifi uyarınca bu değer, militesla' ya dönüştürülmesi gerektiğine dikkat etmiştir.

**Tablo 9.1.** Kalp pili üreticisi tarafından sağlanan güvenli sınırlar (çalışandaki belirli kalp piline özgü sınırlar)

EMA Kaynağı	Elektromanyetik Alan Şiddeti Sınırı (rms)
Güç Frekansı (50/60 Hz)	10000 V/m (6000 V/m; nominal dışında)
Yüksek Frekans (150 kHz ve üstü)	141 V/m
Statik Manyetik Alanlar (DC)	10 gauss
Modüle Edilmiş Manyetik Alanlar	10 kHz'e kadar 80 A/m ve 10 kHz'den büyük için 1 A/m

İşveren, ekipman üreticilerinden RF alanlarıyla ilgili bir bilgi alamadığından bir dizi RF plazma cihazının çevresinde bazı ölçümler yapmak için bir uzman danışman görevlendirmeye karar vermiştir.

### 9.5. Maruziyet Değerlendirmesi Sonuçları

İşveren, kalp pili üreticisi tarafından sağlanan güvenli sınırlara dair bilgileri (Tablo 9.1.) EMA Direktifinde kullanılan birimlere dönüştürmüştür (Tablo 9.2.). Ölçüm sonuçları bu sınırlarla karşılaştırıldığında, kalp pili için güvenli sınırların RF plazma cihazı çevresinde aşılmadığı görülmüştür.

**Tablo 9.2.** Kalp pili için güvenli sınırlar (kalp pili üreticisi tarafından sağlanan)

Frekans	Limit
Elektrik alanlar, 150 kHz	141 Vm <sup>-1</sup>
Statik manyetik alanlar (DC)	1 mT
10 kHz'in üzerindeki manyetik alanlar	1.25 µT

Elde edilen ölçüm sonuçları aşağıdaki tablolarda detaylandırılmıştır. Tablo 9.3, 400 kHz' de çalışan bir RF plazma aşındırıcı çevresinde yapılan ölçümlerin sonuçlarını göstermektedir. Tüm ekipman etrafında ölçümler yapılmış olup RF jeneratörünü çevreleyen kafesin birleşim noktaları çevresinde maksimum elektrik ve manyetik alan seviyelerine rastlanmıştır. Ölçüm sonuçları, EMA Direktifindeki eylem değerlerinin (ED'ler) aşılmadığını göstermektedir.

**Tablo 9.3.** RF plazma aşındırıcı etrafındaki ölçümlerin sonuçları

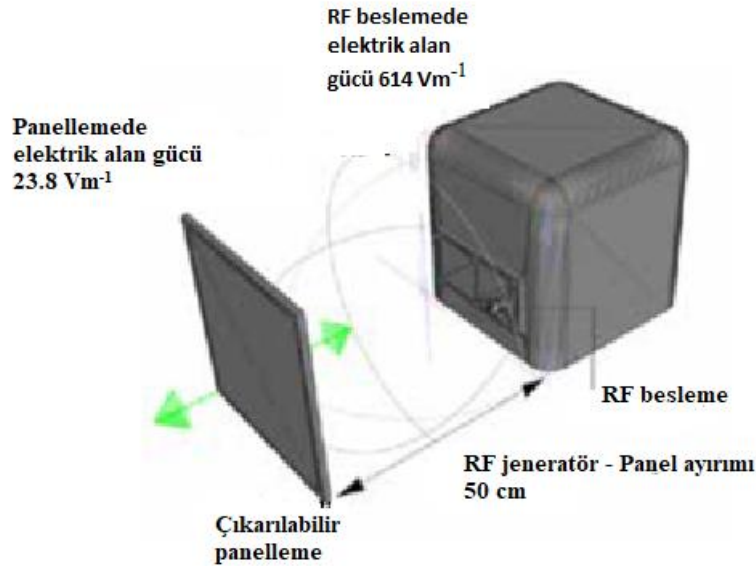
Ölçüm yeri	Frekans	Manyetik akı yoğunluğu	Eylem değeri (µT)	Elektrik alan gücü (Vm-1)	Eylem değeri (Vm-1)
RF jeneratör kabini	400 kHz	0,05	5	0,06	610

Not: Ölçüm belirsizliği  $\pm 2,7$  dB ve sonuçlar doğrudan ED' ler ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 9.4., 13,56 MHz' de çalışan bir fiziksel buhar biriktirme (PVD) ünitesi etrafında yapılan ölçümlerin sonuçlarını göstermektedir. Ölçüm sonuçları, EMA Direktifindeki ED' lerin yanı sıra kalp atım hızını düzenleyen tıbbi cihazlar için güvenli sınırların (Tablo 9.2.' deki), bölmeye RF beslenen alana yakın bir yerde aşıldığını göstermektedir. Son iki ölçüme ait konum Şekil 9.4.' te gösterilmektedir.

**Tablo 9.4** Fiziksel buhar biriktirme (PVD) ünitesi etrafındaki ölçümlerin sonuçları

Ölçüm yeri	Frekans	Manyetik akı yoğunluğu	Eylem değeri ( $\mu T$ )	Elektrik alan gücü ( $Vm^{-1}$ )	Eylem değeri ( $Vm^{-1}$ )
Bölmenin üst yüzeyi	13,56 MHz	0,04	0,2	10	61
Bölmenin altında, Bölme RF beslemesine yakın	13,56 MHz	2	0.2	614	61
Çıkarılabilir panel, RF beslemesinden 0,5 m uzaklıkta konumlandırılmıştır.	13,56 MHz	0,08	0,2	24	61



**Şekil 9.4.** PVD ünitesine RF beslemesine yakın noktada alınan ölçümlerin konumu

## 9.6. Risk Değerlendirmesi

Mıknatısların etrafındaki statik manyetik alanlar ile ilgili olarak, mıknatıslardan 10 cm uzaklıkta, vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazlar için 0,5 mT' lik ED' nin aşılabileceği tespit edilmiştir. Bununla birlikte kalp pili üreticisi tarafından işverene sağlanan bilgilerde, söz konusu kalp pili için güvenli sınır 1 mT olarak vermiştir (Tablo 9.2.). Bu sebeple işveren, risk değerlendirmesinde bu değeri kullanmıştır. Ekipman üreticisi tarafından sağlanan grafiğe göre (Şekil 9.3.), kalp pili için 1 mT' lik güvenli sınır, mıknatıslardan 10 cm' den daha az bir mesafede (yaklaşık 6 cm olduğu tahmin edilmektedir) aşılmaktadır.

RF elektromanyetik alanlarıyla ilgili olarak, kalp pili üreticisi tarafından sağlanan güvenli sınırların yanı sıra ED' lerin, PVD ünitesine RF beslemesine yakın bir yerde aşılabileceği tespit edilmiştir. RF beslemesinden 0,5 m mesafede, alan değerleri; kalp pili için güvenli sınırların ve ED' lerin altına

düşmüştür. Hem statik manyetik hem de RF alanlar için, alan değeri; kısa bir mesafede kalp pili için güvenli sınırlar ve ED' lerin altına düşmüştür.

Bu bilgilere dayanarak, işveren, OiRA (EU-OSHA'nın çevrimiçi interaktif risk değerlendirme aracı) tarafından önerilen metodolojiyi kullanarak hem kalp pili takılı çalışan hem de diğer çalışanlar için riskleri belirlemek amacıyla EMA' ya özgü bir risk değerlendirmesi gerçekleştirmiştir (Tablo 9.5.). Bu değerlendirmenin sonucunda işveren, vücudunda kalp pili bulunan çalışanın işyerindeki görevlerinde herhangi bir değişiklik yapılması gerekip gerekmeyeceğine karar vermesi gerekmiştir. Bu çalışan, ekipmanın bakım ve onarımı ile görevli olmaması ve bu nedenle kalp pili için güvenli sınırların aşılabilceği alanlarda (ekipmana çok yakın) bulunmasına gerek olmadığından görev değişikliği yapmaya ihtiyaç bulunmadığı sonucuna varılmıştır. Maruziyetin yüksek olduğu alanlar çok bölgesel olduğundan çalışma alanına erişimin yasaklanmasına da gerek olmadığı düşünülmüştür. Bununla birlikte risk değerlendirmesinin sonuçları, vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazı bulunabilecek diğer çalışanlara (örneğin servis mühendisleri) ve alt işveren çalışanlarına da dikkat edilmesi gerektiğini göstermiştir.

### 9.7. Mevcut Önlemler

İşveren; ilgili ekipmanları incelemiş, işletme prosedürlerini gözden geçirmiş ve aşağıdaki önlemlerin halihazırda uygulanmakta olduğunu görmüştür;

- Bölmelere RF beslemesi yapılan noktaların etrafında panel bulunmakta olup bu panel, ilgili alanlara erişimi engellemektedir (PVD ünitesinde yapılan ölçüm sırasında panel kaldırılmıştır),
- İşletme, ekipmanların satın alımı sırasında iyi tasarlanmış olanların tedarik edilmesine önem vermiştir. Örneğin izleme pencereleri, RF alanına maruziyeti sınırlamak için uygun şekilde kalkanlanmıştır.

**Tablo 9.5.** RF plazma cihazları için EMA' ya özgü risk değerlendirmesi

Tehlikeler	Mevcut koruyucu ve önleyici tedbirler	Risk altındakiler	Şiddet			Olabilirlik			Risk derecesi	İlave koruyucu ve önleyici tedbirler
			Düşük	Ciddi	Ölümöl	Beklenmedik	Olası	Mümkün		
Elektromanyetik alanların doğrudan etkileri:  Servis alanında RF beslemesine yakın noktada eylem değeri aşılabilir.	PVD ünitesine takılan panel, eylem değerinin aşıldığı alana erişimi engellemektedir.	Operatörler  Servis Mühendisleri	✓			✓			Düşük	Servis mühendislerine ve operatörlere bilgi ve eğitim verilmesi  Ekipman üzerinde uygun uyarı bildiren işaretlerin yerleştirilmesi



Elektromanyetik alanların dolaylı etkileri: (Vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazlara etkisi yönünden)	PVD ünitesine takılan panel, kalp pili için güvenli sınırların aşıldığı alana erişimi engellemektedir.	Özel risk grubundaki çalışanlar		✓		✓		Düşük	EMA tehlikesi ile ilgili tüm çalışanlara bilgilendirme yapılması  Saha güvenlik bilgilendirmelerine uyarılar eklenmesi  Ekipman üzerinde uygun uyarı ve yasak bildiren işaretlerin yerleştirilmesi
Kalp pili için güvenli sınırlar, servis alanında statik mıknatısların yakınında ve RF beslemesine yakın noktada aşılabilir.	Statik mıknatısların etrafında, kalp pili için güvenli sınırları aşan alanlar çok bölgeseldir.								

### 9.8. Değerlendirme Sonucunda Alınabilecek İlave Önlemler

Risk değerlendirmesinin sonucuna göre işveren, aşağıdakileri içeren ek ihtiyati tedbirleri de uygulamaya karar vermiştir;

- Güçlü manyetik alanlara/güçlü RF alanlara ilişkin uyarı bildiren işaretlerin yanı sıra güçlü mıknatıslar içeren ekipmanların üzerinde ve potansiyel olarak yüksek seviyeli RF alanlarındaki kaldırılabilir panellerin üzerinde vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazı bulunanlar için yasak bildiren işaretlerin yerleştirilmesi (Şekil 9.5.),



**Dikkat !**  
**Bu ekipman güçlü manyetik alan üretir.**



**Dikkat !**  
**Bu ekipman güçlü RF alanı üretir.**



**Bu ekipmanın, vücuda yerleşik aktif tıbbi cihaza sahip personel tarafından bakımı yasaktır!**

**Şekil 9.5** Güçlü manyetik ve güçlü RF alanları için uyarı bildiren işaretlere örnekler ile vücuda yerleşik aktif tıbbi cihazı bulunanlar için yasak işaretinin bir örneği

- Kalp pili kullanan çalışan ile işletmenin iş sağlığı hizmet sunucusuna risk değerlendirmesinin sonuçları da dahil olmak üzere bilgi sağlamak,
- Tüm çalışanların, risklerden haberdar olmasını sağlamak amacıyla uygun prosedürler

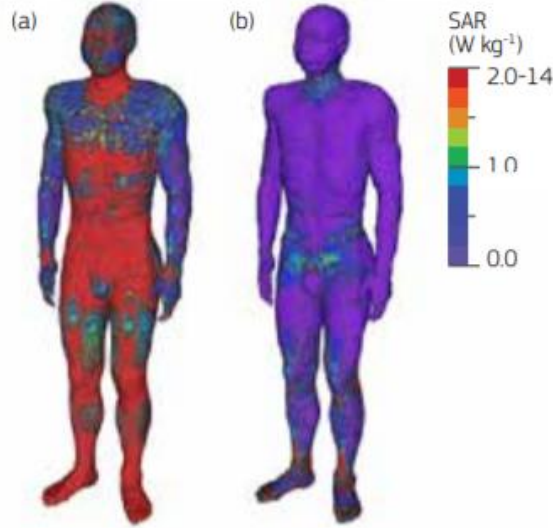
geliştirmek, ziyaretçiler ve alt işverenler ile de bu konuda iletişimi sağlamak,

- Çalışanların; ekipmanın panelleri kaldırılmış olarak çalıştırılmaması gerektiğini, ekipman muhafazası, dalga kılavuzları veya korumalı pencerelerdeki hasarların amire bildirilmesi gerektiğini bilmelerini sağlamak.

## 9.9. Daha Fazla Bilgi

Ölçülen sonuçlar, EMA Direktifindeki (Şekil 9.5.) maruziyet sınır değerleri yönünden çalışan maruziyetinin bilgisayarda modellenmesine temel olarak kullanılmıştır. Modelleme, RF beslemesine yakın noktada MSD'lerin aşılabileceğini göstermekle birlikte tüm vücut ortalama SAR değeri, tüm vücut ısı stresi için MSD'nin %211'idir. Ayrıca uzuvlarda 10 g bitişik doku üzerinde ortalama lokalize en yüksek SAR, uzuvlardaki lokalize ısı stresi için MSD'nin % 147' sidir. Baş ve gövdede lokalize ısı stresi için MSD aşılmamış olup baş ve gövdede 10 g bitişik doku üzerinde ortalama lokalize en yüksek SAR, baş ve gövdede lokalize ısı stresi için MSD'nin % 89' udur.

RF beslemesinden 0,5 m mesafede, ölçülen elektrik alan gücü ED' den daha düşük olduğundan, beklendiği gibi modelleme, tüm vücut ve bölgesel SAR değerlerinin MSD'lerden çok daha düşük olduğunu göstermiştir (% 0,5' ten az ).



Şekil 9.6. (a) RF beslemesi çevresinde ve (b) çıkarılabilir panel etrafında, RF jeneratöründen 50 cm uzaklıktaki bir çalışmada SAR dağılımı

## 10. ÇATI ANTENLERİ

### 10.1. İşyeri

Binaların çatıları genellikle, yüksekliğe bağlı olarak antenin daha iyi çalışması veya görüş hattının iyileştirilmesi gibi nedenlerden dolayı çeşitli telekomünikasyon antenleri için uygun montaj yerleri olarak kullanılmaktadır. Bu vaka çalışması, yakın zamanda mülkiyeti devredilmiş olan bir bina (Şekil 10.1.) ile ilgilidir. Binanın yeni sahibi, yasal yükümlülüğü yerine getirmek ve çatıdaki çalışanların karşılaştığı riskleri değerlendirmek istemiştir.



**Şekil 10.1.** Binanın çatısına yerleştirilmiş telekomünikasyon sektörüne ait antenler ve mikrodalga çanak

## 10.2. İşin Niteliği

Çalışanların; binanın incelenmesi, bakım ve onarım çalışmaları gibi çeşitli görevleri nedeniyle çatıya erişmeleri gerekmektedir. Bu çalışanlardan bazıları; pencerelerin veya cam yüzeylerin temizliğinde çalışanlar, çatı kaplama çalışanları, iklimlendirme mühendisleri, sigorta müfettişleri ve anten sistemleri kurulumcusu ve kablo döşeyenlerdir. Bu çalışanlardan bazıları, RF radyasyon güvenliği konusunda kapsamlı bir eğitim almış ve kişisel maruziyeti ölçen cihazlar ile donatılmış olabilirken, bazıları ise muhtemelen hiç eğitim almamış ve radyasyon güvenliği hakkında hiçbir bilgiye sahip değildir.

Operatörlerin; antenleri kurarken "konuma göre güvenli" ilkesini benimsemeleri iyi bir uygulamadır. Bu ilke, çatıda bulunması gereken çalışanların yanlışlıkla anten yasak bölgesine giremeyecek şekilde konumlandığı anlamına gelmektedir. Anten yasak bölgesi, antenin yakınındaki alanı kapsamakta olup bu alanda maruziyet, 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerini aşabilir.

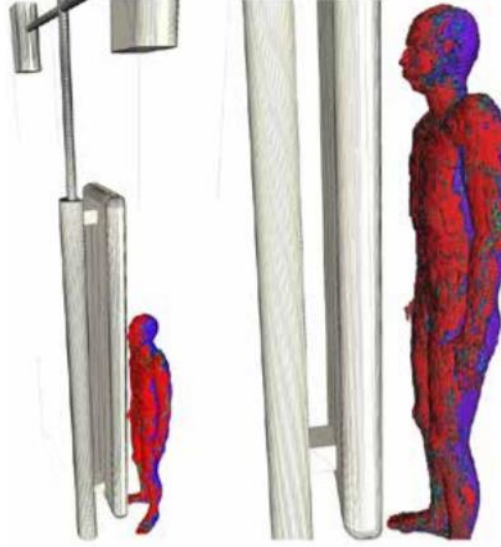
Anten yasak bölgesi, yalnızca merdivenler veya iskeleler gibi tırmanmaya yardımcı ekipmanları bulunan çalışanlar için erişilebilir olmalıdır. Çalışanların yasak bölgeye erişmesi gerektiğinde, elektromanyetik dalga yaymayacak veya almayacak şekilde anteni kapatmak gerekebilir. Anten yasak bölgesi, çatıda ayakta durulacak alanı kaplıyorsa, çatı alanı sınırlandırılmalıdır.

## 10.3. EMA'ya Neden Olan Ekipman Hakkında Bilgi

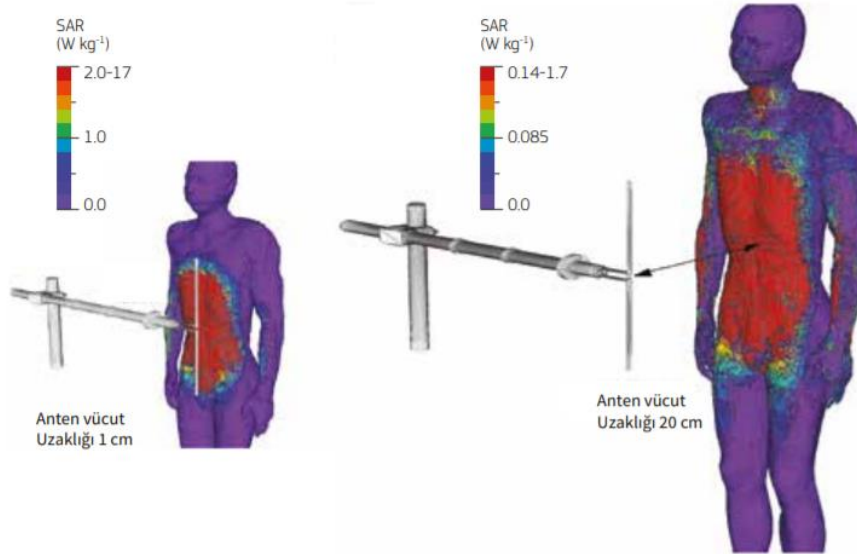
Çatıya monte edilen antenler, genellikle cep telefonu baz istasyonları ve çağrı sistemleri dahil olmak üzere mobil telekomünikasyon sistemleriyle ilişkili olanlardır. Sektör antenlerine ek olarak, cep telefonu baz istasyonu ayrıca bir noktadan diğer noktaya veri iletimini de içermektedir. Binanın sahibi, aşağıdakiler de dahil farklı anten türlerinin farklı tehlike düzeylerine sahip olduğunun farkındadır.

- Cep telefonu sektörü antenleri (800 - 2600 MHz) ileri yönde birkaç metreye kadar tehlike oluşturabilmekle birlikte bu tehlike, yanlarda ve arkada daha azdır (Şekil 10.2.),
- Cep telefonu baz istasyonlarıyla ilişkili mikrodalga çanak antenler (10 - 30 GHz) önemli bir tehlike arz etmeme eğilimindedir,
- Çift kutuplu (dipole) ve kolineer (kırbaç) antenler (80 - 400 MHz), anten çevresinde bir veya iki metreye kadar tehlike oluşturabilirler.

Şekil 10.3.'te, 400 MHz' de çalışan bir yarım dalga çift kutuplu anten için vücuttaki SAR dağılımı bilgisayar modellemesi kullanılarak gösterilmiştir. Tablo 10.1., yayın gücü 25W' tan 100W' a ve ardından 400W' a çıkarıldığında, antene olan mesafelerin artmasıyla sağlık etkili MSD' lerin aşıldığını göstermektedir.



**Şekil 10.2.** Cep telefonu sektörünün verici anteni yanında bulunan bir çalışanda özgül soğurma oranının (SAR) dağılımı



**Şekil 10.3.** Gövdeden 1 cm ve 20 cm uzaklıklarda 25 W yarım dalga çift kutuplu antene maruziyet nedeniyle insan modelindeki özgül soğurma oranı (SAR) dağılımı. Her iki durumda da hesaplanan SAR değerleri, ilgili sağlık etkili MSD'lerden daha düşüktür

**Tablo 10.1.** 5 W, 25 W, 100 W ve 400 W yarım dalga çift kutuplu anten için 10 g bitişik doku (SAR 10g) üzerinde ortalama; tüm vücut özgül soğurma oranı (WB-SAR) ve en yüksek lokalize SAR için bilgisayar modellemesinden elde edilen değerler. İlgili sağlık etkili MSD'yi aşan SAR değerleri kırmızı ile yazılmıştır.

Uzaklık (cm)	Modellenmiş SAR (Wkg <sup>-1</sup> )							
	5 W anten		25 W anten		100 W anten		400 W anten	
	WBSAR	SAR <sub>10g cont</sub>	WBSAR	SAR <sub>10g cont</sub>	WBSAR	SAR <sub>10g cont</sub>	WBSAR	SAR <sub>10g cont</sub>
0.1	0.0225	1.61	0.113	8.05	<b>0.450</b>	<b>32.2</b>	<b>1.80</b>	<b>129</b>
1	0.0194	1.28	0.0968	6.38	0.387	<b>25.5</b>	<b>1.55</b>	<b>102</b>
2	0.0168	1.04	0.0840	5.18	0.336	<b>20.7</b>	<b>1.34</b>	<b>82.8</b>
4	0.0133	0.715	0.0663	3.58	0.265	<b>14.3</b>	<b>1.06</b>	<b>57.2</b>
6	0.0110	0.525	0.0548	2.63	0.219	<b>10.5</b>	<b>0.876</b>	<b>42.0</b>
8	0.00945	0.406	0.0473	2.03	0.189	8.12	<b>0.756</b>	<b>32.5</b>
10	0.00845	0.332	0.0423	1.66	0.169	6.63	<b>0.676</b>	<b>26.5</b>
12	0.00770	0.272	0.0385	1.36	0.154	5.44	<b>0.616</b>	<b>21.8</b>
14	0.00725	0.234	0.0363	1.17	0.145	4.68	<b>0.580</b>	<b>18.7</b>
16	0.00690	0.208	0.0345	1.04	0.138	4.16	<b>0.552</b>	<b>16.6</b>
18	0.00670	0.163	0.0335	0.815	0.134	3.26	<b>0.536</b>	<b>13.0</b>
20	0.00660	0.177	0.0330	0.883	0.132	3.53	<b>0.528</b>	<b>14.1</b>

100 kHz ila 6 GHz aralığındaki frekanslar için sağlık etkili MSD'nin tüm vücut ortalama SAR değeri: 0.4 Kg<sup>-1</sup>  
10 gr bitişik doku üzerinde ortalama, baş ve gövdede lokalize SAR değeri: 10 Wkg<sup>-1</sup>

#### 10.4. Uygulama Nasıl Kullanılır

Ekipman, otomatik olup operatörler tarafından uzaktan kontrol edilmektedir. Cep telefonu baz istasyonu, çağrı trafiğine göre çıkış gücünü ayarlamakta olup çağrı trafiği ise istasyonun, spektrum lisansı koşullarına göre belirlenen bir maksimuma bağlıdır. Bu durum, bina sahibinin herhangi bir zamanda gerçek çıktıyı tahmin etmesini zorlaştırmaktadır. Çıkış frekansları da spektrum lisansı şartlarında yer almaktadır.

Kurulumdaki değişiklikler ve bakım çalışmaları, operatörler tarafından görevlendirilen alt yükleniciler tarafından gerçekleştirilmektedir.

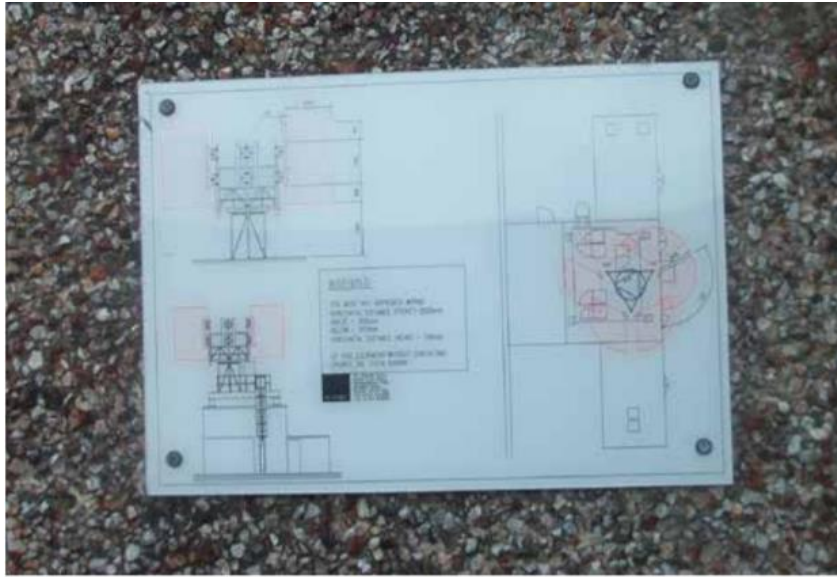
#### 10.5. Maruziyet Değerlendirmesi Yaklaşımı

Maruziyetin ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmesi; antenin türü dahil emisyon karakteristikleri (örneğin, frekans, yayılan güç, sinyal parametreleri, görev döngüsü, kanal sayısı), çalışanın radyasyon alanındaki konumu, maruziyet süresi ve diğer kaynaklardan gelen katkılar gibi bir dizi faktör hakkında bilgi gerektirmektedir.

Çatıda yapılacak ölçümler, özellikle cihazlara sahip ve kullanmayı bilen uzman bir danışmandan hizmet almayı gerektirse de bu ölçümleri yapmak mümkündür. Bununla birlikte binanın sahibi, internetten ucuz bir cihaz kiralamak veya satın almayı da düşünmüş olmasına rağmen bunun, ölçmek istenilen

sinyallerden başka sinyallere de duyarlı olacağı ve bu nedenle güvenilir bir okuma olmayacağı farkındadır. Ayrıca bina sahibi bir danışmandan hizmet almanın pahalı olacağını ve elde edeceği verilerin, ölçümler sırasında maruziyetin yalnızca o anlık bir görüntüsünü sağlayacağını da farkındaydı.

Bunun yerine, bina sahibi antenleri ve bunların operatörlerini belirlemek için çatıda bir ön inceleme gerçekleştirdi ve bunları çatı katının planına işaretledi. Ardından operatörlerle temasa geçildi ve antenlerini belirlemek ve ilgili güvenlik bilgilerini sağlamak için sahayı ziyaret etmeleri istendi. Bina sahibi ayrıca çatıya kimlerin eriştiğini görmek için ziyaretçi kayıt defterini inceledi ve çalıştıkları işin niteliğine göre nerede çalıştığını belirlemeye çalıştı. Bu bilgiler kullanılarak, çalışanların tehlikeli veya yasak bölgelere erişmesinin mümkün olabileceği yerler belirlendi (Şekil 10.4.). Burada, eylem değerlerini aşan alanlara maruz kalınmaması için doğru uygulama, çalışanların radyasyon yayan antenlere yaklaşmamaları ve kesinlikle dokunmamalarıdır.



Şekil 10.4. Çatıda yasaklı bölgelerin kapsamını gösteren çizim

## 10.6. Maruziyet Değerlendirmesinin Sonuçları

Ön inceleme ve operatörlerle temas sonucunda, binanın sahibi ilgili güvenlik bilgilerini içeren dosyaları bir araya getirmiş ve daha sonra çatıda çalışanların kullanımına sunmuştur. Bu; anten tipi (örneğin sektör anteni, mikrodalga çanak, katlanmış dipol), operatörü, konum (pozisyon, yükseklik, yön), çalışma parametreleri, yasak bölgenin kapsamı, kurulum tarihi gibi bilgiler de dahil ayrıntılı bir anten envanterini içermektedir (Tablo 10.2.).

**Tablo 10.2.** Bina sahibinin tarafından envanteri tutulan çatı antenleri

Anten tipi	Operatör	Çatıdaki pozisyonu	İşletme parametreleri	Yasak bölge	Kurulum tarihi
Cep telefonu sektör antenleri	A Operatörü	Anten kulesinde 6 m yüksekte 0°, 120°, 240°	<ul style="list-style-type: none"> <li>Frekans: 2110-2170 MHz</li> <li>Güç: 56 dBm/sinyal</li> <li>85° ışın genişliği</li> <li>Kazanç 17 dBi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ön 2,5m</li> <li>arka 0,25m</li> <li>yukarı ve aşağıda 0,3 m</li> </ul>	Haziran 2006
0,3 m mikrodalga çanak	A Operatörü	Montaj direğinde 5,5 m yüksekte 220 °	<ul style="list-style-type: none"> <li>Frekans: 26 GHz</li> <li>Güç: 3 mW</li> <li>1 ° ışın genişliği</li> <li>Kazanç 44,5 dBm</li> </ul>	Yok	Haziran 2006
Katlanmış Dipol	B Operatörü	Çatının girişinde yürüme yoluna yakın 2m yüksekte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Frekans: 138 MHz</li> <li>Güç: 100 W</li> <li>Çok yönlü kazanç 2,15 dBi</li> </ul>	anten çevresinde 2,5 m	Bilinmiyor

### 10.7. Risk Değerlendirmesi

Bina sahibinin, çatıya erişen çalışanlar için elektromanyetik alanların yanı sıra kayma, takılma ve düşme, bacalardan ve havalandırmalardan çıkan dumanlar da dahil tüm riskleri değerlendirmek gerekliliğinin farkındaydı. Bunun için OiRA (EU-OSHA'nın çevrimiçi interaktif risk değerlendirme aracı) tarafından önerilen metodoloji kullanılırken operatörlerden veya anten üreticilerinden alınan bilgilerden de yararlanılmış olup antenin elektrik alan şiddetine ilişkin nicel veriler ile yasak bölgelerini gösteren şematik diyagramlar bu süreçte işe yaramıştır. Erişilebilir alanın ED'leri aştığı durumlarda, riskleri önlemek için bir eylem planı da tasarlanmış ve uygulamaya konulmuştur.

EMA'ya özgü bir risk değerlendirme örneği Tablo 10.3.'te gösterilmektedir.

**Tablo 10.3.** Çatı antenleri için EMA'ya özgü risk değerlendirme

Tehlikeler	Mevcut koruyucu ve önleyici tedbirler	Risk altındakiler	Şiddet			Olabilirlik			Risk derecesi	İlave koruyucu ve önleyici tedbirler
			Düşük	Ciddi	Ölümcül	Beklenmedik	Olası	Mümkün		
Radyo-frekans alanlarının doğrudan etkileri:	Çatıya açılan kapı, anahtar kontrollü olup kilitlidir.	Pencerelerin veya cam yüzeylerin temizliğinde çalışanlar	✓				✓		Düşük	Çağrı sistemi antenleri, (katlanmış dipol) yürüme yolundan

	Uyarı ve yasak bildiren işaretler görünür yerlere yerleştirilmiştir.	Çatı kaplama çalışanları	✓				✓	Düşük	uzakta yeniden konumlandırılması
	Sektör antenlerinin üzerine yerleştirildikleri yükselticiler ve antenlerin yasak bölgelerine erişim engellenmiştir.	İklimlendirme mühendisleri	✓				✓	Düşük	Pencere/cam yüzey temizliği sırasında kullanılan asma iskelelerin, sektör antenlerinin önüne kadar yükselmesini önlemek amacıyla mekanik durdurucu yerleştirilmesi
	Çatıya erişim sağlayan merdiven kilitlidir.	Sigorta müfettişleri	✓				✓	Düşük	Çatıya erişim izni verilmeden önce tüm çalışanlarca okunması (ve imzalanması) gereken yazılı güvenlik prosedürlerinin geliştirilmesi
	Direklerde ve kirişlerde yüksekte monte edilmiş çanak antenlere erişim engellenmiştir.	Anten sistemleri kurulumcuları ve kablo döşeyenler	✓				✓	Düşük	
		Özel risk altındaki çalışanlar (gebeler)	✓				✓	Düşük	
Radyo-frekans alanların dolaylı etkileri  (tıbbi elektronik ekipmanla etkileşim yönünden)	Yukarıya bakınız	Özel risk altındaki çalışanlar		✓		✓		Düşük	



## 10.8. Mevcut Önlemler

Bina sahibinin çatıda yaptığı ön inceleme şunları ortaya çıkarmıştır;

- Çatıya açılan kapı kilitli olup anahtar, bina güvenlik görevlisi tarafından kontrol ediliyordu. Kapının iç tarafına radyo-frekans antenlerinin varlığına dair bir uyarı levhası asılmıştır (Şekil 10.5a.),
- Cep telefonu sektörü antenleri çatıdaki yükselticinin üst kısımlarına monte edilmiş olup yasaklı bölgelere erişim kısıtlıdır. Montaj direklerine (Şekil 10.5b.) ve anten kafeslerine (Şekil 10.5c.) uyarı notları yerleştirilmiştir,
- Çatıya erişim sağlayan merdiven kilitlenmiş ve uyarı notu asılmıştır (Şekil 10.5d.),
- Mikrodalga çanak antenler direklerin tepesine monte edildiğinden ışınlarına erişim söz konusu değildir. (Yine de binanın sahibi, operatörden, antenin hiçbir yasaklı bölgesi olmadığına dair yazılı bir belge almıştır.)

a-Çatıya açılan kapı üzerinde



b- Antenin montaj direği üzerinde



c- Antenin kafesi üzerinde



d- Çatıya çıkılan merdiven üzerinde



Şekil 10.5. Uyarı bildirimleri

## 10.9. Değerlendirme Sonucunda Alınabilecek İlave Önlemler

Binanın sahibi, çatıda memnun olmadığı bazı hususlara dair aşağıdakiler de dahil ek tedbirler uygulamaya karar vermiştir;

- Çağrı sistemi anteninin ait olduğu operatör ile temas kurarak, katlanmış çift kutuplu antenin yürüme yolundan uzak bir noktaya yeniden yerleştirilmesi gerektiğini bildirmek (Şekil 10.6a.) ve direğine bir uyarı notu yerleştirmek (Şekil 10.6b.),
- Pencere/cam yüzeylerin temizliği sırasında kullanılan asma iskelelerin, antenlerinin önüne kadar yükselmesini önlemek için mekanik durdurucu takmak (Şekil 10.6c.),
- Çatıya erişmelerine izin verilmeden önce tüm çalışanların okuması (ve imzalaması) gereken yazılı bir güvenlik prosedürü geliştirmek. Bu prosedür, makul ölçüde, öngörülebilir kazalar ve olaylar için acil durum planlarını da içermelidir.



(a)

(b)

(c)

**Şekil 10.6.** a) Yürüme yoluna çok yakın bir çağrı sistemi anteni, b) Yerleştirilen yeni uyarı notu c) Mekanik durdurucu sayesinde, asma iskeleler artık antenlerin önüne kadar yükseltilemez

## 11.TELSİZLER

### 11.1. İşyeri

Bu vaka çalışması, şantiye alanında çalışanları bulunan küçük bir inşaat firmasıyla ilgilidir. Şantiyenin ustabaşı, EMA Direktifi hakkında bilgilendirilmiş olup çalışanların, işyerinde telsiz kullanımına yönelik önlem alınması gerekip gerekmediği konusunda araştırma yapmaktadır.

### 11.2. İşin Niteliği

Çalışanlar, lisanssız profesyonel mobil radyo 446 hizmeti (PMR) kullanan telsizler yoluyla sahada birbirleriyle iletişim kurmaktadır (Şekil 11.1.). Bu cihazlar, sahadaki tüm çalışanlar tarafından kullanılabilir.



**Şekil 11.1.** Telsiz kullanan bir saha çalışanı

Üretici tarafından sağlanan talimatları inceledikten sonra ustabaşı, elde taşınan bu telsizlerin 446 MHz civarında çalıştığını belirlemiştir. Ancak, talimatlarda veya AT Uygunluk Beyanında (Şekil 11.2.) etkin yayın gücü (ERP) veya uygun kullanım şartları hakkında hiçbir bilgiye ulaşılamamıştır.

İnternette yaptığı arama sonrasında ustabaşı, hizmete ilişkin düzenleyici kuruluş tarafından sağlanmış olan ve PMR 446 radyo ekipmanının elde taşınabilir olması, entegre bir antene sahip olması, maksimum 500 mW'lık bir etkin yayın güce sahip olması gerektiği ve ETS 300 296 ile uyumlu olması gerektiğini belirten bir bilgiye ulaşmıştır.

EC Declaration of Conformity

We the manufacturer / Importer

Declare under our sole responsibility that the following product

Type of equipment: Private Mobile Radio

Model Name: \_\_\_\_\_

Country of Origin: \_\_\_\_\_

Brand: \_\_\_\_\_

complies with the essential protection requirements of R&TTE Directive 1999/5/EC on the approximation of the laws of the Council Directive 2004/108/EC on the approximation of the laws of the Member States relating to *electromagnetic compatibility (EMC)* and the European Community Directive 2006/95/EC relating to *Electrical Safety*.

Assessment of compliance of the product with the requirements relating to the essential requirements according to Article 3 R&TTE was based on Annex III of the Directive 1999/105/EC and the following standards:


EMC&RF:

**EN 301-489-5 V1.3.1:(2002-08)**  
**EN 301-489-1 V1.8.1:(2008-04)**

**EN 300-296-1 V1.1.1:(2001-03)**  
**EN 300-296-2 V1.1.1:(2001-03)**  
**EN 300-341-1 V1.3.1(200012)**  
**EN 300-341-2 V1.1.1(200012)**

Electrical Safety:

**EN 60950-1:2006**

 Waste electrical products must not be disposed of with household waste. This equipment should be taken to your local recycling centre for safe treatment.

The product is labelled with the European Approval Marking CE as show. Any Unauthorized modification of the product voids this Declaration.

Manufacturer / Importer  
(signature of authorized person)

**CE**

Signature: ( \_\_\_\_\_ ) London, \_\_\_\_\_

Signature: \_\_\_\_\_ Place & Date: 8th Aug, 2010

Şekil 11.2. Cihazla verilen AT Uygunluk Beyanı

### 11.3. Uygulama Nasıl Kullanılır

Çalışanlara, bu ekipmanın güvenli kullanımı konusunda eğitim verilmemiştir. Ustabaşı, telsizlerin çalışanlarca nasıl kullanıldığını da izlemiş olup yüzün önünde ya da yanında tutularak kullanıldığını tespit etmiştir. Ayrıca, bu cihazlar ile çalışanlar arasındaki iletişimin genellikle arama başına on saniyeden fazla olmadığını gözlemlemiştir.

### 11.4. Maruziyet Değerlendirmesi Yaklaşımı

Vücudun yakınında bulunan vericilerin yol açtığı maruziyeti değerlendirirken, MSD' lere uyumun bilgisayar modellemesi ile belirlenmesi gerekmektedir. İdeal olarak bu değerlendirme, imalatçı tarafından yapılmalıdır. Ancak imalatçı verileri mevcut değilse, benzer cihazlara yönelik yayınlanan bilgileri arayarak incelemek, değerlendirmede kullanılacak bir yöntemdir. Ayrıca, bu ekipmanların EMA Direktifi ile uyumlu olup olmadığı, "Elektromanyetik Alan Üreten Kaynaklar ile Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Rehberi – Seri II'nin 1. Bölümünde verilen Tablo 1.2.'de yer alıp almadığı kontrol edilerek anlaşılabilir. Söz konusu rehber, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü Web Sitesi Yayınlar Ana Menüsü / Rehberler altında yer almaktadır. (<https://ailevecalisma.gov.tr/isggm/hizmetlerimiz/yayinlar/>).

### 11.5. Maruziyet Değerlendirmesinin Sonuçları

İlgili kamu kurumları ile de iletişime geçen ustabaşı, benzer frekanslarda çalışan başka bir cihaz için gerçekleştirilen bilgisayar modellemesinden elde edilen veriler hakkında bilgilendirilmiştir. Bu veriler, 10 g bitişik doku üzerindeki maksimum özgül soğurma oranının (SAR), yüze yakın herhangi bir konumda watt çıkış gücü başına  $3,9 \text{ Wkg}^{-1}$  olduğunu göstermektedir.

Bu frekansta ( $10 \text{ Wkg}^{-1}$ ) kafanın bölgesel maruziyeti için sağlık etkili MSD değerlendirilirken, maruziyetin 6 dakika boyunca ortalaması alınmalıdır. Bu cihazlar ile iletişim iki yönlü görüşmeler şeklinde yapılırsa da ustabaşı, maksimum görev döngüsünün % 50' sini ele almıştır. Modelleme sonucunda elde edilen verilerden anlaşılmıştır ki 5 W' dan fazla etkin yayın güce sahip bir cihaz kullanılması halinde MSD aşılabilmektedir.

Telsizlerin etkin yayın gücü hakkındaki bilgi, imalatçıdan temin edilememiş ancak hizmete ilişkin düzenleyici kuruluş tarafından, cihazların  $0,5 \text{ W}$  çıkışını geçmemesi gerektiği belirtilmiştir. Bu kapsamda ustabaşı, cihaza maruziyetin, EMA Direktifindeki sağlık etkili MSD' leri aşmayacağı sonucuna varmıştır.

### 11.6. Risk Değerlendirmesi

Maruziyet değerlendirmesinin sonuçları, telsiz kullanımının EMA Direktifindeki ilgili sağlık etkili MSD' leri aşmayacağını göstermektedir. Bununla birlikte, çalışanların vücuduna takılı bulunan veya vücutlarına yerleşik tıbbi cihazlar ile etkileşim olasılığı vardır. Bu tip tıbbi cihazı bulunup, sağlık hizmet sunucusu tarafından çeşitli tedbirler önerilen çalışanlar, bireysel bir risk değerlendirmesine tabi tutulmalıdır.

## 11.7. Mevcut Önlemler

Hâlihazırda herhangi bir önlem alınmamıştır.

## 11.8. Değerlendirme Sonucunda Alınabilecek İlave Önlemler

Ustabaşı, birkaç basit önlem uygulamaya karar vermiştir;

- Çalışanlara, telsizin ne zaman ve nasıl kullanılacağına yanı sıra cihazın önerilen tutma pozisyonlarını da içeren iş başı İSG konuşmaları yapmak,
- Çalışanlardan, takılı kalp pili gibi özel risk altında olmalarını sağlayacak hususlar hakkında bilgi vermelerini istemek,
- İşe yeni başlayan çalışanlar arasında, belirli bir risk altında bulunup bulunmadıklarına dair tarama yapmak.

## 12. HAVALİMANLARI

Bu örnek olayda EMA kaynakları aşağıdakileri içermektedir;

- Havaalanı gözlem radarı,
- Yön bilgisi vermeyen bir verici istasyonu (non-directional beacon, NDB),
- Mesafe ölçüm cihazı (DME).

### 12.1. İşyeri

Yolcular ile kargo uçaklarına hizmet veren bir uluslararası havalimanında; radar, yön bilgisi vermeyen bir verici istasyonu ile mesafe ölçüm cihazı kullanılmaktadır.

Bu çalışma kapsamında havalimanının ilgililenen birimleri şunlardır:

- Radyo-frekans jeneratörünün bulunduğu radar ekipman kabini,
- Radar antenin monte edildiği dikey çelik kafes kule,
- Hava trafik kontrol kulesi,
- RF jeneratörünün bulunduğu NDB ekipman kabini,
- NDB antenin yerleştirildiği bileşen,
- NDB'nin yanında bulunan havalimanı itfaiye binası,
- RF jeneratörünün olduğu DME kabini,
- Antenin monte edildiği DME kabinini çevreleyen alan.

### 12.2. İşin Niteliği

#### 12.2.1. Radar

Radardaki çalışmaların çoğu ekipman kabinindeki hava trafik mühendisleri tarafından gerçekleştirilmektedir. Ayrıca bu çalışanların zaman zaman anten üzerinde çalışma yapmaları da gerekmektedir. Radardan yaklaşık 80 m uzaklıkta ve benzer bir yükseklikte olan hava trafik kontrol

kulesindeki diğer çalışanlar da antenden gelen RF radyasyonuna maruz kalmış olabilecekleri için bu konudaki bazı endişelerini dile getirmişlerdir.

### 12.2.2. Yön Bilgisi Vermeyen Verici İstasyonu

NDB' deki çalışmaların çoğu ekipman kabinindeki mühendisler tarafından gerçekleştirilmektedir. NDB 'nin doğru çıktı özelliklerini sağladığından emin olmak için onu ayarlamak amacıyla bu çalışanlardan ara sıra NDB' ye girmeleri de istenmekte olup bu ayar işlemi, antenin birkaç metre yakınındaki bir kabinde yapılmaktadır. Ayrıca NDB' nin itfaiye binasına yakın olması, burada çalışan itfaiyecileri de endişelendirmektedir.

### 12.2.3. Mesafe Ölçüm Cihazı

DME' deki çalışmaların çoğu ekipman kabinindeki mühendisler tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu çalışanların nadiren antenin üzerinde çalışması da gerekmektedir. Ancak diğer havaalanı çalışanları, antenin yerden sadece 2,5 m yüksekte bulunması ve antene erişim kısıtlaması bulunmuyor olması konusunda endişelerini dile getirmişlerdir.

## 12.3. EMA' ya Neden Olan Ekipman Hakkında Bilgi

### 12.3.1. Radar

Radar, RF radyasyon darbelerini üreten bir RF jeneratörü ile döner bir antenden oluşmaktadır. RF jeneratörü, ekipman kabine kurulu olup anten, dikey çelik kafes kulenin tepesine takılıdır. RF jeneratöründen gelen sinyal, dikdörtgen bir dalga kılavuzu ile antene taşınmaktadır. Şekil 12.1.' de havalimanı gözlem radarı örneği ve Tablo 12.1.' de radarın teknik özellikleri yer almaktadır.



Şekil 12.1. Havalimanı gözlem radarı örneği

**Tablo 12.1.** Havalimanı gözlem radarının teknik özellikleri

Çalışma parametresi	Değer
Nominal iletim frekansı	3 GHz
Nominal tepe çıkış gücü	480 ila 580 KW
Nominal ortalama çıkış gücü	430 W
Darbe uzunluğu	0,75 ila 0,9 $\mu$ s
Darbe tekrarlama frekansı	995 Hz
Anten dönüş hızı	15 rpm

### 12.3.2. Yön Bilgisi Vermeyen Verici İstasyonu

NDB, maksimum 100 W gücünde 343 kHz genlik modülasyonlu RF sinyali üreten RF jeneratörü ile 15 m boyunda kafes direği şeklinde kendinden destekli vericiden oluşmaktadır. Anten, ayarlama ekipmanının yerleştirildiği kabinin de bulunduğu bir bileşen içerisine kurulmuştur. RF jeneratörü ise anten bileşeni dışındaki bir ekipman kabini içerisine kurulmuştur.

### 12.3.3. Mesafe Ölçüm Cihazı

DME, RF jeneratörü ve ekipman kabine monte edilmiş bir antenden oluşmaktadır. DME, havalimanına yaklaşan uçaklardan alınan sinyallere yanıt olarak RF radyasyon darbelerini iletmektedir. RF sinyalleri, 3,5  $\mu$ s darbe uzunluğu ve 978 ila 1213 MHz frekans aralığında iletilmektedir. Darbeler arasındaki aralık 12 ila 36  $\mu$ s arasındadır.

## 12.4. Uygulama Nasıl Kullanılır

Radar, NDB ve DME otomatik olup uzaktan kontrol edilmektedir. Ekipmandaki modifikasyonlar ve bakım çalışmaları, antenlere zaman zaman erişimi gereken mühendislerce yapılmaktadır. Her durumda, antene erişim gerektiğinde RF jeneratörü kapatılmaktadır.

## 12.5. Maruziyet Değerlendirmesi Yaklaşımı

Maruziyet ölçümleri, özellikle cihazlar (belirli konumlarda darbeli radar sinyaline maruziyetin ayrıntılı değerlendirmesini yapmak için spektrum analizörüne bağlı huni alıcı anteni ve üç eksenli RF tehlike probu) kullanılarak uzman bir danışman tarafından yapılmıştır. Ölçümler, çalışanların bulunabileceği yerlerde yapılmıştır.

### 12.5.1. Radar

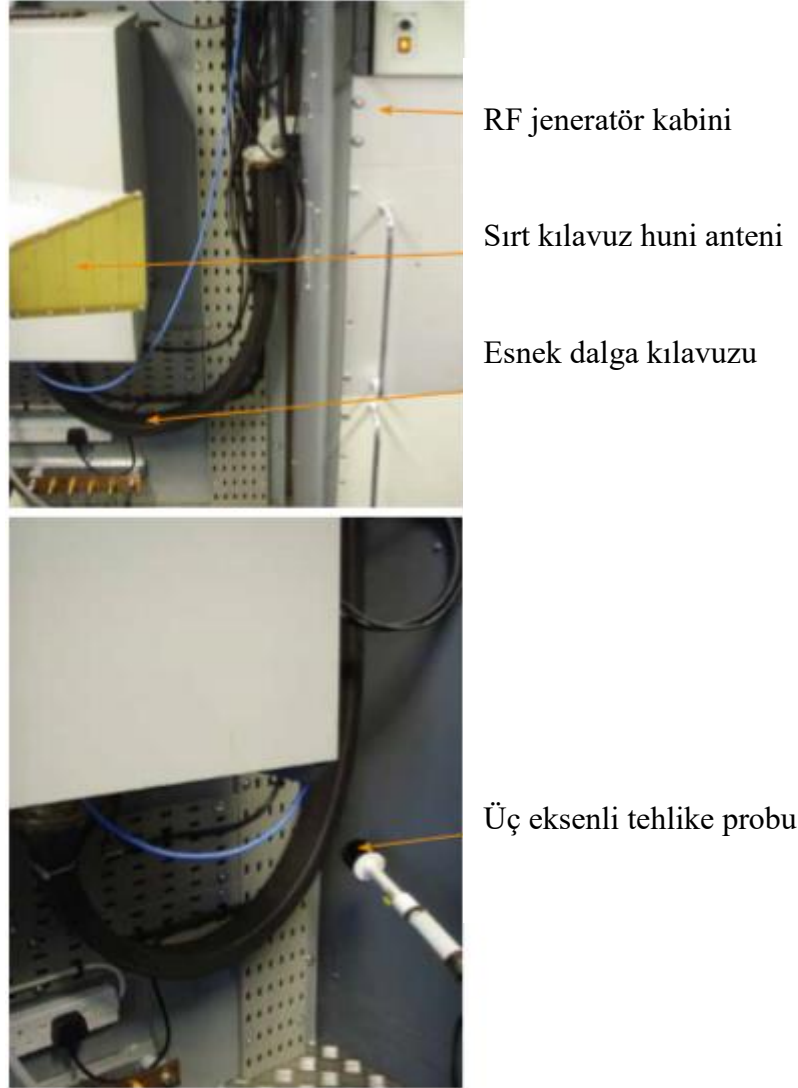
Radar sinyal iletiminin doğası nedeniyle (RF sinyali kısa darbelerden oluşur ve anten döner), herhangi bir konumda maruziyet sürekli değildir ve bu nedenle, iki büyüklük yönünden ayrıntılı maruziyet değerlendirmesi yapmak gerekir;

- RF sinyalinin her bir bireysel darbesinden çalışanın sunuk kaldığı maruziyetin bir ölçüsü olan tepe güç yoğunluğu,

- Radar sinyalinin darbeli doğası ve antenin dönme süresi dikkate alınarak tepe güç yoğunluğundan hesaplanan ve birkaç dakika boyunca ortalama maruziyetin bir ölçüsü olan ortalama güç yoğunluğu.

Güç yoğunluğu ölçümleri, huni anteni ve spektrum analizörü kullanılarak hava trafik kontrol kulesindeki dört noktada gerçekleştirilmiştir. RF tehlike probu kullanılarak çeşitli yerlerde elektrik alan şiddeti ölçümleri de yapılmıştır.

Ölçümler ekipman kabininde, anten kulesinde, dalga kılavuzu yakınında (bağlantı flanşlarına ve esnek dalga kılavuzlarına özellikle dikkat edilir (Şekil 12.2.)), hava trafik kontrol kulesinde ve özel risk altında olanlar da dahil olmak üzere çalışanların bulunabileceği radarın etrafındaki diğer alanlarda gerçekleştirilmiştir.



Şekil 12.2. Radar ekipman kabinindeki esnek dalga kılavuzu etrafında yapılan ölçümler

### 12.5.2. Yön Bilgisi Vermeyen Verici İstasyonu

Elektrik alan şiddeti ölçümleri; hava trafik mühendisleri ve itfaiyecilerin bulunduğu bölgelere özellikle dikkat edilerek, NDB çevresinde çalışanların olabileceği yerlerde RF tehlike probu kullanılarak yapılmıştır.



### 12.5.3. Mesafe Ölçüm Cihazı

Elektrik alan şiddeti ölçümleri; RF tehlike probu kullanılarak ekipman kabininin içinde ve kabinin dışındaki antene en yakın erişim noktasında yapılmıştır.

### 12.6. Maruziyet Değerlendirmesinden Elde Edilen Sonuçlar

Ölçüm sonuçları, ilgili eylem değerleri ile karşılaştırılmış ve değerlendirme sonuçları Tablo 12.2., 12.3. ve 12.4.' te verilmiştir. Özel risk altındaki çalışanların maruziyeti değerlendirilirken, 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeler ile karşılaştırma yapılmıştır.

**Tablo 12.2.** Radar maruziyet değerlendirmesi sonuçlarının özeti

Konum	Ölçülen değer	Sonuç	Maruziyet kırılımı (yüzde)	
			İlgili eylem değeri <sup>1,2</sup>	1999/519/EC sayılı Karardaki referans seviyesi <sup>3</sup>
ATC kulesinin çatısı	Tepe güç yoğunluğu	33 000 Wm <sup>-2</sup>	%66	%330
	Ortalama güç yoğunluğu	0,012 Wm <sup>-2</sup>	%0,024	%0,12
Ekipman kabini	Maksimum elektrik alan şiddeti	< 0,1 Vm <sup>-1</sup>	% < 0,1	% < 0,2
Ekipman kabininin dışında, esnek dalga kılavuzundan 10 cm		29 Vm <sup>-1</sup>	%21	%48
Anten kulesindeki antene en yakın erişimdeki gövdenin konumunda		31 Vm <sup>-1</sup>	%22	%51

<sup>1</sup> Özellikle darbeli RF sinyalleri ile ilgili olan ve 6 GHz'den düşük frekanslarda RF radyasyonunun güç yoğunluğu için EMA Direktifinde eylem değerleri belirtilmemiştir. Bu nedenle danışman, radardan gelen darbeli RF radyasyonuna maruziyet değerlendirilmesi için Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu (ICNIRP) tarafından yayımlanan rehberlere aşağıdaki şekilde atıfta bulunmuştur:

300 GHz:	2-300 GHz arasındaki frekanslarda darbeli RF radyasyonu için tepe güç yoğunluğu mesleki referans seviyesi: 50000 Wm <sup>-2</sup>
	2-300 GHz arasındaki frekanslarda ortalama güç yoğunluğu için mesleki referans seviyesi: 50 Wm <sup>-2</sup>

<sup>2</sup> 2-6 GHz arasındaki frekanslarda elektrik alan şiddeti için eylem değeri: 140 Vm<sup>-1</sup>

<sup>3</sup> 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyeleri:

2-300 GHz arasındaki frekanslarda darbeli RF radyasyonu için tepe güç yoğunluğu: 10000 Wm<sup>-2</sup>

2-300 GHz arasındaki frekanslar için ortalama güç yoğunluğu: 10 Wm<sup>-2</sup>,

2-300 GHz frekansları için elektrik alan gücü: 61 Vm<sup>-1</sup>.

Not: Ölçüm belirsizliği  $\pm 2,7$  dB ve sonuçlar doğrudan ED/RS ile karşılaştırılmıştır.

**Tablo 12.3.** NDB maruziyet değerlendirmesi sonuçlarının zeti

Konum	Maksimum elektrik alan şiddeti ( $Vm^{-1}$ )	Maruziyet kırılımı (yüzde)		
		Düşük eylem değeri <sup>1</sup>	Yüksek eylem değeri <sup>2</sup>	1999/519/EC sayılı Karardaki referans seviyesi <sup>3</sup>
Ekipman kabini	100	%59	%17	%120
İtfaiye ekip odası	< 0,1	< %0,1	< %0,1	< %0,2
NDB bileşeninin sınır çiti	270	%160	%45	%310

<sup>1</sup> 3 KHz-10 MHz aralığındaki frekanslarda elektrik alan şiddeti düşük eylem değeri:  $170 Vm^{-1}$

<sup>2</sup> 3 KHz-10 MHz aralığındaki frekanslarda elektrik alan şiddeti yüksek eylem değeri:  $610 Vm^{-1}$

<sup>3</sup> 150 KHz-1 MHz aralığındaki frekanslarda elektrik alan şiddeti için 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyesi:  $87 Vm^{-1}$

Not: Ölçüm belirsizliği  $\pm 2,7$  dB ve sonuçlar doğrudan ED/RS ile karşılaştırıldı.

**Tablo 12.4.** DME maruziyet değerlendirmesi sonuçlarının zeti

Konum	Maksimum elektrik alan şiddeti ( $Vm^{-1}$ )	Maruziyet kırılımı (yüzde)	
		Düşük eylem değeri <sup>1</sup>	1999/519/EC sayılı Karardaki referans seviyesi <sup>2</sup>
Ekipman kabini	< 0,1	< %0,2	< %0,3
Yerden 2,5 m yukarıda ve antenden 0,6 m	14	%15	%33

<sup>1</sup> 978-1213 MHz DME iletim aralığındaki frekanslarda elektrik alan şiddeti için en sınırlayıcı eylem değeri:  $94 Vm^{-1}$

<sup>2</sup> 978-1213 MHz DME iletim aralığındaki frekanslarda elektrik alan şiddeti için 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen en sınırlayıcı referans seviyesi:  $43 Vm^{-1}$

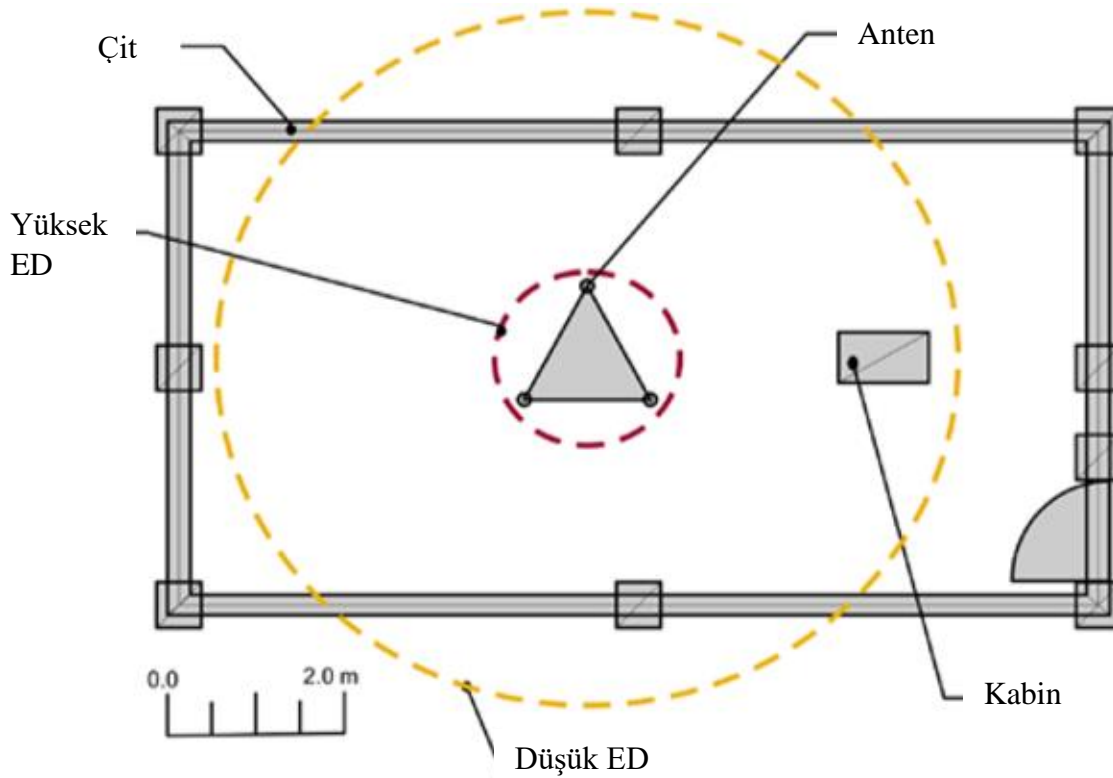
Not: Ölçüm belirsizliği  $\pm 2,7$  dB ve sonuçlar doğrudan ED/RS ile karşılaştırılmıştır.

### 12.6.1. Radar

Maruziyet değerlendirmesi sonuçları, radar kaynaklı RF radyasyonuna maruziyetin, EMA Direktifindeki ED'lerin altında olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte değerlendirme sonuçları 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerin aşıldığı bazı noktaları göstermiş olsa da bu alanlarda özel risk altındaki çalışanların bulunma olasılığı yoktur.

### 12.6.2. Yön Bilgisi Vermeyen Verici İstasyonu

Maruziyet değerlendirmesinin sonuçları, NDB kaynaklı RF radyasyonuna maruziyetin, elektrik alan için düşük eylem değerinin üzerinde olduğunu (Şekil 12.3.) ve NDB'yi çevreleyen çitin dışındaki alanlarda ise 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerin üzerinde olduğunu göstermiştir. Bu alanlarda özel risk altında olanlar da dahil olmak üzere çalışanlar bulunabilmektedir.



**Şekil 12.3.** Yön bilgisi vermeyen verici istasyonu etrafında eylem değerlerinin aşılacağı sınırları gösteren plan

### 12.6.3. Mesafe Ölçüm Cihazı

Maruziyet değerlendirmesinin sonuçları, DME kaynaklı RF radyasyonu maruziyetinin ED'nin altında ve DME'yi çevreleyen tüm erişilebilir alanlarda 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerin altında olduğunu göstermiştir.

## 12.7. Risk Değerlendirmesi

Havalimanı işletmecisi, danışman tarafından yapılan maruziyet değerlendirmesine dayanarak radar, NDB ve DME'nin risk değerlendirmelerini gerçekleştirmiştir. Bu değerlendirme OiRA (EU-OSHA'nın çevrimiçi interaktif risk değerlendirme aracı) tarafından önerilen yöntem uygundur. Risk değerlendirmesi sonuçları aşağıdaki gibidir;

- Özel risk altındaki çalışanlar, hava trafik kontrol kulesinin çatısındaki radardan kaynaklanan elektromanyetik tehlikeler ile karşı karşıya kalabilir,
- Sınır çiti, vericiye çok yakın monte edildiği için özel risk altındaki çalışanlar da dahil olmak üzere tüm çalışanların duyu etkili düşük ED'nin aşıldığı NDB çevresindeki alanlara girişinin sınırlandırılmamış olduğu görülmüştür,
- Çalışanların DME'den kaynaklanan elektromanyetik tehlikeler ile karşılaşma olasılığı bulunmamaktadır.

Havalimanı işletmecisi risk değerlendirmesi sonrasında bir eylem planı oluşturmuş ve bunu belgelendirmiştir.

Radar, NDB ve DME için EMA' ya özgü risk değerlendirme örnekleri Tablo 12.5, 12.6 ve 12.7'de gösterilmektedir.

**Tablo 12.5.** Havalimanı gözetim radarı için EMA' ya özgü risk değerlendirmesi

Tehlikeler	Mevcut koruyucu ve önleyici tedbirler	Risk altındakiler	Şiddet			Olabilirlik			Risk derecesi	İlave koruyucu ve önleyici tedbirler
			Düşük	Ciddi	Ölümcül	Beklenmedik	Olası	Mümkün		
Radyo-frekansın doğrudan etkileri	Radar çalışırken anten kulesine erişiminin fiziksel olarak sınırlanması	Mühendisler	✓				✓		Düşük	Hava trafik kontrol kulesi çatısına erişimini sadece yetkili çalışanlar ile sınırlanması
	RF jeneratör kabinindeki interlock kilitleme	Havalimanı çalışanları	✓			✓			Düşük	Hava trafik kontrol kulesinin çatısına açılan kapıya radyo-frekans tehlikesine karşı uygun uyarıların yerleştirilmesi
	Radar dönmeyi durdurduğunda, RF jeneratörünün kapalı olduğundan emin olmak için bir muhafaza									
	Anten kulesine erişim gerektiğinde RF jeneratörünün kapalı olduğundan emin olmak için basit bir prosedür	Özel risk altındaki çalışanlar (gebe çalışanlar dahil)		✓		✓			Düşük	Saha güvenlik bilgilendirmesinin e özel uyarıların eklenmesi
	Radyo-frekans tehlikesine yönelik anten ve radar bileşeninin kapılarına uyarıların yerleştirilmesi									

	Çalışanların eğitimi									
Radyo-frekansın dolaylı etkileri  (tıbbi implantlarla etkileşim yönünden)	Radar bileşeninin giriş kapısı kilitlidir ve erişim sadece yetkili çalışanlarla sınırlıdır.  Radar etrafına uyarılar yerleştirilmiştir.  Tıbbi implantı bulunan çalışanlar, durumları ile ilgili olarak havalimanı işletmecisini bilgilendirmeleri yönünde talimatlandırılmıştır	Özel risk altındaki çalışanlar	✓				✓		Düşük	Yukarıya bakınız

**Tablo 12.6.** Yön bilgisi vermeyen verici istasyonu için EMA' ya özgü risk değerlendirmesi

Tehlikeler	Mevcut koruyucu ve önleyici tedbirler	Risk altındaki ler	Şiddet			Olabilirlik			Risk derecesi	İlave koruyucu ve önleyici tedbirler
			Düşük	Ciddi	Ölümcül	Beklenmedik	Olası	Mümkün		
Radyo-frekansın doğrudan etkileri	Yetkisiz kişilerin verici sistemine erişiminin fiziksel olarak engellenmesi  Antene yakın erişim gerektiğinde vericinin kapatıldığından emin olmak	Mühendisler  Havalimanı çalışanları	✓				✓		Düşük  Düşük	Elektrik alan gücünün düşük eylem değerini aştığı yerleri kapsayacak şekilde sınır çitini yeniden konumlandırmak  Saha güvenlik bilgilendirmesine özel uyarılar eklemek

	<p> için basit bir prosedür</p> <p>Yalnızca elektrik çarpması tehlikesine yönelik uyarılar yerleştirilmiştir</p>	<p>Özel risk altındaki çalışanlar (gebe çalışanlar dahil)</p>	✓						<p>Düşük</p>	<p>NBD' ye erişim noktalarında radyo-frekans tehlikesine yönelik uygun uyarılar yerleştirmek</p> <p>NDB'nin ayarlanması süreci için bir prosedür hazırlamak</p> <p>NDB sinyalini ayarlayan mühendislere RF güvenlik farkındalığı eğitimi vermek</p>
<p>Radyo-frekansın dolaylı etkileri</p> <p>(tıbbi implantlarla etkileşim yönünden)</p>	<p>Yalnızca elektrik çarpması tehlikesine yönelik uyarılar yerleştirilmiştir</p> <p>Radar etrafına uyarılar yerleştirilmiştir</p> <p>Tıbbi implantı bulunan çalışanlar, durumları ile ilgili olarak havalimanı işletmecisini bilgilendirmeleri yönünde talimatlandırılmıştır</p>	<p>Özel risk altındaki çalışanlar</p>		✓		✓			<p>Orta</p>	<p>Yukarıya bakınız</p>

**Tablo 12.7.** Mesafe ölçüm cihazı için EMA' ya özgü risk değerlendirmesi

Tehlikeler	Mevcut koruyucu ve önleyici tedbirler	Risk altındakiler	Şiddet			Olabilirlik			Risk derecesi	İlave koruyucu ve önleyici tedbirler
			Düşük	Ciddi	Ölümcül	Beklenmedik	Olası	Mümkün		
Radyo-frekansın doğrudan etkileri	Antene yakın erişim gerektiğinde vericinin kapatıldığından emin olmak için basit bir prosedür	Mühendisler	✓			✓			Düşük	Yok
		Havalimanı çalışanları	✓			✓			Düşük	
		Özel risk altındaki çalışanlar (gebe çalışanlar dahil)	✓			✓			Düşük	
Radyo-frekansın dolaylı etkileri (tıbbi implantlarla etkileşim yönünden)	Yalnızca elektrik çarpması tehlikesine yönelik uyarılar yerleştirilmiştir  Radar etrafına uyarılar yerleştirilmiştir  Tıbbi implantı bulunan çalışanlar, durumları ile ilgili olarak havalimanı işletmecisini bilgilendirmeleri yönünde talimatlandırılmıştır	Özel risk altındaki çalışanlar		✓		✓			Orta	Yukarıya bakınız

## 12.8. Mevcut Önlemler

### 12.8.1. Radar

Radar ile ilgili koruma ve önleme tedbirleri arasında şunlar bulunmaktadır;

- Ekipman kabini ve anten kulesi, güvenli bir sınır çiti ile çevrelenmiş bir bileşen içerisine yerleştirilmiştir,
- Ekipman kabini ve bileşenin kapısı, gözetimsiz olduğunda kilitlemiş ve anahtarlara erişim

sadece yetkili çalışanlarla sınırlandırılmıştır,

- Anten kulesine giden merdiven, bileşen içerisindeki ayrı bir kapının arkasından kilitlenmiştir,
- Radar ile anten kulesine giden merdivenin kapısına uyarılar yerleştirilmiştir (Şekil 12.4.),
- Ekipman kabinindeki RF jeneratör kabininde interlock kilitleme bulunmaktadır,
- Anten kulesine erişim gerektiğinde RF jeneratörünün kapalı olduğundan emin olmak için basit bir prosedür bulunmaktadır,
- Radar dönmeyi durduğunda RF jeneratörünün kapalı olduğundan emin olmak için bir muhafaza bulunmaktadır,
- Tıbbi implantı bulunan çalışanların havalimanı işletmecisini bilgilendirmeleri istenmiştir.



Şekil 12.4. Radar kapısı (solda) ve anten kulesinin kapısındaki uyarılar (sağda)

### 12.8.2. Yön Bilgisi Vermeyen Verici İstasyonu

Danışman tarafından yapılan maruziyet değerlendirmesi öncesinde işyerinde çok az koruma ve önleme tedbiri mevcut olup bunlar aşağıdakilerle sınırlıdır;

- Vericinin etrafındaki sınır çiti,
- Elektrik çarpması tehlikesine yönelik NDB' yi çevreleyen çitlere uyarılar asılmıştır,
- Anten kulesine erişim gerektiğinde RF jeneratörünün kapalı olduğundan emin olmak için basit bir prosedür bulunmaktadır,
- Tıbbi implantı bulunan çalışanların havalimanı işletmecisini bilgilendirmeleri istenmiştir.

### 12.8.3. Mesafe Ölçüm Cihazı

Maruziyet değerlendirmesinden önce antene yakın erişim gerektiğinde RF jeneratörünün kapalı olduğundan emin olmak için basit bir prosedür uygulanmıştır.

## 12.9. Değerlendirme Sonucunda Alınabilecek İlave Önlemler

### 12.9.1. Radar

Mevcut koruma ve önleme tedbirleri, ölçüm yapılan yerlerde, havalimanı çalışanlarının maruziyetinin, genellikle ilgili ED ve 1999/519/EC sayılı Konsey Tavsiye Kararında verilen referans seviyelerin



altında olmasını sağlamıştır. Tek istisna, özel risk altındaki çalışanların, radarın yaydığı RF radyasyonuna maruziyet tehlikesiyle karşılaşabileceği hava trafik kontrol kulesinin çatısı olup bu çalışanların buralara giremeyeceği düşünülmektedir.

Maruziyet değerlendirmesi sonucunda havalimanı işletmecisi, danışmanın tavsiyesi üzerine bazı ufak önerileri yerine getirmiştir;

- Hava trafik kontrol kulesinin çatısına açılan kapıya, radyasyon yayan anten piktogramı ile “Dikkat İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyon” uyarı işaretleri yerleştirilmiştir,
- Tıbbi implantı bulunan çalışanlara, havalimanı işletmecisini bilgilendirmenin önemi hatırlatılmıştır,
- Radardan kaynaklanan iyonlaştırıcı olmayan radyasyon tehlikesine yönelik ilgili uyarılar saha güvenlik bilgilendirmesine eklenmiştir.

Her ne kadar bu çalışmada uygulanmamış olsa da, radar kaynaklı RF radyasyonuna maruziyet yönünden önemli bir risk tespit edilirse önceden belirlenmiş dönme bölgesinde radar iletiminin düşük güçle çalıştırıldığı, “sektör karartma” olarak bilinen ek bir koruma önlemi de alınabilir. Sektör karartmada, antenin, endişe içeren alana yönelik dönme süresi boyunca RF radyasyonunun gücünü azaltmak veya kapatmak için radarın programlanması yapılır. Bununla birlikte sektör karartmanın kullanımı çok dikkatli bir şekilde değerlendirilmeli ve faydaları; düşük bir güçle radar iletiminden kaynaklanacak veri eksikliğiyle ilişkili risklere karşı tartılmalıdır.

#### 12.9.2. Yön Bilgisi Vermeyen Verici İstasyonu

Mevcut koruma ve önleme tedbirlerinin yetersiz olduğu tespit edilmiş ve birkaç yeni önlem alınmıştır.

Maruziyet değerlendirmesi sonucunda havalimanı işletmecisi, danışmanın tavsiyesi üzerine birkaç öneriyi yerine getirmiştir;

- NDB'yi çevreleyen sınır çiti, elektrik alan gücünün düşük ED' yi aşması nedeniyle vericiden uzağa taşınmıştır. Böylece bu bölgeye giren çalışanlara eğitim vermek yerine sınır çitinin yeniden konumlandırılmasının daha basit ve etkili bir çözüm olduğu kaydedilmiştir,
- NDB kapısına radyasyon yayan anten piktogramı ile “Dikkat İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyon” uyarı işaretleri yerleştirilmiştir,
- NDB sinyalinin ayarlanması süreci için bir prosedür geliştirilmiştir,
- NDB' nin ayarlanması sürecini yürüten mühendisler RF radyasyonu farkındalık eğitimi verilmiştir,
- Tıbbi implantı bulunan çalışanlara, havalimanı işletmecisini bilgilendirmenin önemi hatırlatılmıştır,
- NDB ile ilişkili iyonlaştırıcı olmayan radyasyon tehlikesine dair uyarılar saha güvenlik bilgilendirmesine eklenmiştir.

#### 12.9.3. Mesafe Ölçüm Cihazı

- Mevcut önlemler yeterli olduğu için ilave koruma ve önleme tedbirleri uygulanmamıştır.

2013/35/EU sayılı alışanların Fiziksel Etkenlerden (Elektromanyetik Alanlardan) Kaynaklanan Risklere Maruziyetleri ile İlgili Asgari Sağlık ve Güvenlik nlemleri Hakkında Direktifin uygulanmasına yönelik yayın serisi kapsamındaki diğer rehberlerimiz:

- **Elektromanyetik Alanlara İlişkin Genel Bilgiler – Seri I**
- **Elektromanyetik Alan reten Kaynaklar ile çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik nlemleri Rehberi – Seri II**

<https://csgb.gov.tr/isggm/hizmetlerimiz/yayinlar/>



**T.C. ÇALIşMA VE  
SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIğI**  
İş SAğLIğI VE GüVENLİğİ GENEL MüDüRLüğü

**Adres:** Emek Mahallesi Naci Ayvalıoğlu. Cadde No:13 Pk: 06520

Emek / ANKARA

**Telefon:** 0 312 296 60 00 (Dahili:14)

**Faks:** 0 312 296 18 37