

## TÜRKİYE'DEKİ BAZI ÇİMENTO FABRİKALARININ ESER ELEMENT EMİSYONLARI

M.Koral\*, N.Örs\*,F.İşbilir\*, E. Kalafatoğlu\*, İ. Munlafaloğlu\*\*, B. D. Emir\*\*\*

\* Marmara Araştırma Merkezi, Malzeme ve Kimya Teknolojileri Araştırma Enstitüsü Kimya Mühendisliği Bölümü, PK 21 Gebze, 41470 Kocaeli, Türkiye

\*\* Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, Eskişehir Yolu 9. km, Ankara, Türkiye

\*\*\* Kocaeli Üniversitesi, Kimya Bölümü, Atatürk Bulvarı, 41300 Kocaeli, Türkiye

Murat KORAL

1970 yılında Ankara'da doğdu. 1993 yılında Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü'nden mezun oldu. 1993 yılından beri TÜBİTAK, Marmara Araştırma Merkezi, Malzeme ve Kimya Teknolojileri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Bölümü'nde araştırmacı olarak çalışmaktadır. Kocaeli Üniversitesi Kimya Bölümü'nde Yüksek Lisans çalışmalarına devam etmektedir.

Nuran ÖRS

1952 yılında Karaman'da doğdu. 1974 yılında O.D.T.Ü. Kimya Mühendisliği'nden mezun oldu. 1977 yılında aynı üniversiteden Yüksek Lisans derecesini aldı. 1977-1979 yıllarında SEKA Dalaman Kağıt Fabrikası'nda çalıştı. 1979 yılından beri TÜBİTAK, Marmara Araştırma Merkezi, Malzeme ve Kimya Teknolojileri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Bölümü'nde araştırmacı olarak çalışmaktadır.

Fehim İŞBİLİR

1943 yılında Bulgaristan'da doğdu. 1968'de Mendeleev Moskova Yüksek Kimya Teknolojileri Üniversitesi'nden mezun oldu. 1970'de aynı üniversitede hidrometallurji konusunda Yüksek Lisans derecesini aldı. Açık öğretimde Kontrol, Ölçü ve Otomasyon Mühendisliği'ni ve İşletme Fakültesi'ni bitirdi. 22 yıl Varna Kimya Tesisleri'nde çeşitli görevlerde bulundu. 1991 yılından beri TÜBİTAK, Marmara Araştırma Merkezi, Malzeme ve Kimya Teknolojileri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Bölümü'nde araştırmacı olarak çalışmaktadır.

Ersan KALAFATOĞLU

1948 yılında Zonguldak'da doğdu.1972 yılında İ.T.Ü. Kimya Fakültesi'nden Kimya Yüksek Mühendisi olarak mezun oldu. 1975 yılında Strathclyde Üniversitesi, İskoçya'da doktora derecesini aldı. 1975-1978 yıllarında Karadeniz Teknik Üniversitesi Kimya Bölümünde Öğretim Görevlisi olarak çalıştı. 1982'de Doçent ünvanını aldı. 1978 yılından beri TÜBİTAK, Marmara Araştırma Merkezi, Malzeme ve Kimya Teknolojileri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Bölümü'nde araştırmacı olarak çalışmaktadır.

İsmet MUNLAFALIOĞLU

Bedri D. EMİR

1940 yılında İstanbul'da doğdu. 1966'da İ.Ü. Fen Fakültesi Kimya/Fizik ve 1968 yılında İ.Ü. Kimya Fakültesi'nden mezun oldu. 1979'da İ.T.Ü. Kimya Fakültesi Sınai Kimya Kürsüsü'nden doktora derecesini, 1983'de Doçent ünvanını aldı. 1989'da Trakya Üniversitesi Fen-Ed. Fak. Kimya Böl. Analitik Kimya A.B.D. ve 1995'de Kocaeli Üniversitesi Fen-Ed. Fak. Kimya Böl. Analitik Kimya A.B.D.'de profesör olarak atandı. İ.T.Ü. Kimya Fak., Yıldız Üniversitesi, Trakya Üniversitesi'nde öğretim görevlisi ve ana bilim dalı başkanlığı gibi çeşitli görevlerde bulundu. Londra Üniversitesi ve TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi'nde araştırmacı olarak görev yaptı. Halen Kocaeli Üniversitesi ve Kocaeli Üniversitesi Fen-Ed. Fak. Kimya Böl. Analitik Kimya Anabilimdalı başkanlığını yürütmektedir.

## **TRACE ELEMENT EMISSIONS FROM SOME CEMENT PLANTS IN TURKEY**

Murat KORAL, Nuran ÖRS, Fehim ÝÐBÝLÝR, Ersan KALAFATOÐLU, Ýsmet MUNLAFALIOÐLU, Bedri D. EMÝR

Cement production is one of the industries which processes high amounts of solid material in a great variety of equipments. These are then major dust emission sources of this industry. This has been a major environmental problems in Turkey in the past. The Air Quality Regulation of Turkey and the voluntary application of very efficient control techniques of the Turkish Cement Industry has decreased the dust emissions much below the regulation limits.

The raw materials used for the production of portland cement clinker are limestone or chalk and clay or their mixtures which occur naturally or calcareous marl. Chemical composition of the raw materials used in the cement production in general does not indicate harmful substances. Trace elements, however, may cause severe problems because of high production capacities and large number of sources, especially for the plants which are located in urban areas. Air pollution regulation of Turkey deals with this problem by categorizing inorganic material in two groups and three different classes each and by issuing different emission limits for each class.

In the present study dust samples obtained from main stacks of three different cement plants located in three different geographical areas are analyzed for their trace elements including Be, Cd, Cr, Pb, Ni, Se, Te, Tl, V, Sb, Ba, Zn, Co, Sr, Cu, Bi, Ca, Mg, and Mo. Sequential plasma type AtomScan 25 Inductively Coupled Plasma Spectrometer of Thermo Jarell Ash Corporation has been used in the final analysis of the elements. The samples have been prepared by the modified TJA portland cement analytical method.

The results are presented comparatively for each of the cement plant and discussed with respect to the Turkish Air Quality Protection Regulation and the international emission factors given in the literature.

## TÜRKİYE'DEKİ BAZI ÇİMENTO FABRİKALARININ ESER ELEMENT EMİSYONLARI

M.Koral, N.Örs, F.İşbilir, E. Kalafatoğlu, İ. Munlalfalıoğlu, B. D. Emir

### ÖZ

Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği'nde (H.K.K.Y.), toz emisyonundaki eser inorganik maddeler çevre etkileri açısından iki gruba, herbir grup üç farklı sınıfa ayrılmış ve her sınıf için debi sınırlamasına da bağlı olarak emisyon sınırları getirilmiştir.

Bu çalışmada Türkiye'de ayrı coğrafi bölgelerde bulunan üç çimento fabrikasının ana bacalarından alınan toz örneklerinin eser element (Be, Cd, Cr, Pb, Ni, Se, Te, Tl, V, Sb, Ba, Zn, Co, Sr, Cu, Bi, Ca, Mg ve Mo) içerikleri ICP (endüktif olarak eşleşmiş plazma) spektrofotometresi kullanılarak belirlenmiştir. Bu fabrikaların eser element emisyonlarının H.K.K.Y. sınır değerlerinin altında ve hesaplanan eser element emisyon faktörlerinin literatürde verilen değerlerle uyum içinde olduğu bulunmuştur.

### ABSTRACT

Air pollution regulation of Turkey deals with the problem of trace element pollution by categorizing inorganic material in two groups and three different classes each and by issuing different emission limits for each class.

In the present study, dust samples obtained from main stacks of three cement plants located in three different geographical areas are analyzed for their trace elements including Be, Cd, Cr, Pb, Ni, Se, Te, Tl, V, Sb, Ba, Zn, Co, Sr, Cu, Bi, Ca, Mg, and Mo by using sequential plasma type AtomScan 25 inductively coupled plasma spectrophotometer of Thermo Jarrell Ash Corporation. The trace element emission factors which have been calculated for the three cement plants located in different regions of Turkey agree to a great extent with the values given in literature. On the other hand, the trace element emissions of all the plants considered are well below the limits set in the Turkish Air Quality Protection Regulation.

## 1. GİRİŞ

Çimento sanayii, oldukça büyük miktarlarda katı malzemeyi çok çeşitli ekipmanlarda işleyen ve Türkiye’de kurulu en eski endüstri kollarından biridir. Modern beton yollar, binalar, barajlar gibi yapılar, içinde bulunduğumuz ve bitirmekte olduğumuz yüzyılda bu endüstrinin büyüdüğüne ve geliştiğine işaret etmektedir. Çevre kirliliği de sektörün genişlemesiyle birlikte artmıştır. Bu Türkiye’nin geçmişte en önemli çevre sorunlarından biri olmuştur. Sektörün son on yıldaki gayretli çabalarına rağmen fabrikaların kötü şöhreti hala silinememiştir. Sektör, hava kirliliğine katkısını minimuma indirebilmek için gönüllü olarak bir takım önlemler almıştır. Çevre Bakanlığı ile yapılan anlaşma sonucu Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği’nde (H.K.K.Y.)[1] belirtilen sınır değerlerin bile altında sınırlar tespit edilmiştir. Çoğu kez verimli kontrol tekniklerinin uygulanması ile bu sınırların altında toz konsantrasyonları elde edildiği görülmüştür.

Klinker üretimi için kullanılan ham maddeler, kireç veya alçıtaşı ve kilden veya bunların doğal olarak bulunan karışımından veya kalkerli marıdan oluşmaktadır . Klinker daha sonra değişik katkı maddeleriyle karıştırılarak farklı tiplerde çimento üretilmektedir. Ham maddelerin kimyasal bileşiminde genel olarak zararlı maddeler bulunmamaktadır. Ancak, özellikle kentsel alanlarda kurulu fabrikaların yüksek üretim kapasiteleri, yüksek emisyonları ve çok sayıda kaynakları olması sebebiyle eser elementler ciddi problemler yaratabilmektedir.

H.K.K.Y.’de inorganik maddeler, kanserojen ve kanserojen olmayan iki grup ve herbir grup üç sınıf olarak kategorize edilmiştir. Eser elementlerin sınır değerleri, önceden belirlenmiş debi değerlerini aşarsa baca gazında konsantrasyon cinsinden belirlenmiştir (Çizelge 1). Eğer birden fazla eser element varsa, toplam emisyon için de ayrıca bir sınırlama getirilir ve mevcut sınıflardan en yüksek sınıra sahip olan sınıfın emisyon sınırı toplam emisyon sınırı olarak alınır. Çimento üretiminde kullanılan katı maddelerde yüksek konsantrasyona sahip olmalarına rağmen, kalsiyum ve magnezyum oksitler, III. sınıf kanserojen olmayan madde olarak alınır.

Bu çalışmada, Türkiye’nin üç değişik coğrafi bölgesinde bulunan çimento fabrikalarının farin tozlarında eser element analizleri yapılmış ve sonuçlar H.K.K.Y.’de belirtilen sınır değerlerle ve ayrıca hesaplanan emisyon faktörleri literatür değerleriyle karşılaştırılmıştır.

Çizelge 1. H.K.K.Y.'de eser element emisyon sınırları.

Sınıf	Toplam debi	Konsantrasyon sınırı
Kanserojen olmayan I	>0.1 [kg/saat]	20 [mg/Nm <sup>3</sup> ]
Kanserojen olmayan II	>1.0 [kg/saat]	50 [mg/Nm <sup>3</sup> ]
Kanserojen olmayan III	>3.0 [kg/saat]	75 [mg/Nm <sup>3</sup> ]
Kanserojen I	>0.5 [g/saat]	0.1 [mg/Nm <sup>3</sup> ]
Kanserojen II	>5.0 [g/saat]	1.0 [mg/Nm <sup>3</sup> ]

## 2. UYGULANAN YÖNTEMLER

Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği Kalite ve Çevre Kontrol Müdürlüğü tarafından fabrikalardan alınan döner fırın ana bacası farin tozu örneklerine Thermo Jarrell Ash firması portland çimentosu analiz yöntemi modifiye edilerek uygulanmıştır [2]. Her örnekten 0.1-0.5 g 0.0001 g hassasiyetle tartılmış ve 100 ml' lik polietilen beherin içinde 5-25 ml konsantre HNO<sub>3</sub> ve 3-15 ml konsantre HCl eklenerek, 10 dakika kadar 90 °C' lik su banyosunda tutulmuştur. Daha sonra numuneler soğutulmuş ve polietilen balon jodelere aktarılmıştır. 0.1-1.0 ml HF eklenmiştir. Balon jodelerin ağzı kapatılarak, 90 °C'de 15 dakika su banyosunda ısıtılmış, sonra tekrar soğutulup 0.5-1.5 g H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> eklenerek 100 ml'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan örneklerde istenilen eser elementler Atomscan 25 sequential plazma tipi ICP (endüktif olarak eşleşmiş plazma) spektrometresi kullanılarak belirlenmiştir.

Bu yöntem, kanserojen ve kanserojen olmayan Cr, Ni ve Co tuzlarını ayırt edemediğinden, bunların toplam konsantrasyonları kanserojen ve kanserojen olmayan bileşikler listesinin her ikisinde de yer almaktadırlar. Emisyonlar pek çok dalgaboyunda okunabilirse de örneklerin yüksek Ca, Mg, Ti, Si, Fe ve Al içeriği güvenilir analizler yapma açısından çalışılacak dalgaboyu sayısını sınırlandırmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. ICP emisyon ölçümlerinde kullanılan analitik dalgaboyları.

Element	Simge	Dalgaboyları [nm]
Kadmiyum	Cd	228.802
Krom	Cr	267.716
Kurşun	Pb	220.353

Nikel	Ni	231.604,341.476
Selenyum	Se	196.090, 203.985, 206.279
Tellür	Te	238.578
Titanyum	Ti	351.921, 377.572
Vanadyum	V	292.464, 310.230
Antimon	Sb	206.833, 217.582
Baryum	Ba	455.403, 493.409
Çinko	Zn	206.200, 213.856
Kobalt	Co	237.862, 228.616
Stronyum	Sr	407.771, 421.552
Bakır	Cu	324.754, 327.396
Bizmut	Bi	190.241
Kalsiyum	Ca	317.933
Magnezyum	Mg	285.213, 280.270, 279.079
Molibden	Mo	204.598, 203.844
Berilyum	Be	313.042
Arsenik	As	189.042, 197.262

### 3. İNCELENEN TESİSLER

Marmara, Ege ve Orta Anadolu bölgesinde üç farklı çimento fabrikası seçilmiştir. Farin tozu örnekleri fabrika döner fırın ana bacalarından alınmıştır. Çizelge 3'de bu fabrikaların toplam emisyonları, klinker üretim kapasiteleri ve ana bacanın emisyon değerleri verilmiştir [3-5].

Çizelge 3. İncelenen çimento fabrikalarının toz emisyon parametreleri.

Bölge	Tesis		Kaynak	Ana baca	Emisyon	Klinker üretimi
	Kaynak	Emisyon		Emisyon		
	sayısı	[kg/saat]	sayısı	[kg/saat]	[%]	[ton/saat]
Marmara	27	39.19	3	19.89	51	228
Ege	19	27.39	1	24.22	88	108
Orta Anadolu	17	3.16	1	2.99	95	48

### 4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

Marmara, Ege ve Orta Anadolu fabrikaları için ICP kullanılarak yapılan eser element analiz sonuçları, kanserojen olmayan maddeler için Çizelge 4 - 6'da, kanserojen olanlar için Çizelge 7 - 9'da sırasıyla verilmiştir.

Çizelge 4. Marmara Bölgesi çimento fabrikası ana baca tozundaki kanserojen olmayan eser element konsantrasyonları.

Sınıf I			Sınıf II			Sınıf III		
Element		[ppm]	Element		[ppm]	Element		[ppm]
Kadmiyum	Cd	<2	Antimon	Sb	<30	Bakır	Cu	<2
Krom	Cr	42*	Baryum	Ba	52	Bizmut	Bi	<60
Kurşun	Pb	<25	Çinko	Zn	33	Kalsiyum oksit	CaO	%27.9
Nikel	Ni	<5*	Kobalt	Co	<3*	Magnezyum oksit	MgO	%0.45
Selenyum	Se	<30	Stronsiyum	Sr	124	Molibden	Mo	<8
Tellür	Te	<80						
Talyum	Tl	<50						
Vanadyum	V	16						
Toplam		<250			<242			<% 28.4

\* Kanserojen bileşikleri içerir.

Çizelge 5. Ege Bölgesi çimento fabrikası ana baca tozundaki kanserojen olmayan eser element konsantrasyonları.

Sınıf I			Sınıf II			Sınıf III		
Element		[ppm]	Element		[ppm]	Element		[ppm]
Kadmiyum	Cd	5	Antimon	Sb	<30	Bakır	Cu	<2
Krom	Cr	122*	Baryum	Ba	87	Bizmut	Bi	<60
Kurşun	Pb	<25	Çinko	Zn	41	Kalsiyum oksit	CaO	%23.7
Nikel	Ni	87*	Kobalt	Co	<3*	Magnezyum oksit	MgO	%0.85
Selenyum	Se	<30	Stronsiyum	Sr	644	Molibden	Mo	<8
Tellür	Te	<80						
Talyum	Tl	<50						
Vanadyum	V	27						
Toplam		<427			<805			<% 24.6

\* Kanserojen bileşikleri içerir.

Çizelge 6. Orta Anadolu Bölgesi çimento fabrikası ana baca tozundaki kanserojen olmayan eser element konsantrasyonları.

Sınıf I			Sınıf II			Sınıf III		
Element		[ppm]	Element		[ppm]	Element		[ppm]
Kadmiyum	Cd	<4	Antimon	Sb	<60	Bakır	Cu	<84
Krom	Cr	90*	Baryum	Ba	123	Bizmut	Bi	<116
Kurşun	Pb	<50	Çinko	Zn	724	Kalsiyum oksit	CaO	%40.6
Nikel	Ni	50*	Kobalt	Co	<6*	Magnezyum oksit	MgO	%0.97
Selenyum	Se	<60	Stronsiyum	Sr	160	Molibden	Mo	<16
Tellür	Te	<160						
Talyum	Tl	<100						
Vanadyum	V	31						
Toplam		<545			<1073			<% 41.6

\* Kanserojen bileşikleri içerir.

Çizelge 7. Marmara Bölgesi çimento fabrikası ana baca tozundaki kanserojen eser element konsantrasyonları.

Sınıf I			Sınıf II		
Element		[ppm]	Element		[ppm]
Berilyum	Be	<1	Arsen trioksit	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	79
			Krom	Cr	42*



	Kobalt	Co	<3*
	Nikel	Ni	<5*
Toplam	<1		<129

\* Kanserojen olmayan bileşikleri içerir.

Çizelge 8. Ege Bölgesi çimento fabrikası ana baca tozundaki kanserojen eser element konsantrasyonları.

Sınıf I			Sınıf II		
Element		[ppm]	Element		[ppm]
Berilyum	Be	<1	Arsen trioksit	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	211
			Krom	Cr	122*
			Kobalt	Co	<3*
			Nikel	Ni	87*
Toplam		<1			<423

\* Kanserojen olmayan bileşikleri içerir.

Çizelge 9. Orta Anadolu Bölgesi çimento fabrikası ana baca tozundaki kanserojen eser element konsantrasyonları.

Sınıf I			Sınıf II		
Element		[ppm]	Element		[ppm]
Berilyum	Be	<2	Arsen trioksit	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<153
			Krom	Cr	90*
			Kobalt	Co	<6*
			Nikel	Ni	50*
Toplam		<2			<299

\* Kanserojen olmayan bileşikleri içerir.

Çimento fabrikalarından kaynaklanan eser element emisyonları için literatürde daha detaylı bilgiler bulunmamaktadır. Bulunabilen emisyon faktörleri Çizelge 10' da listelenmiştir.

Çizelge 10. Bazı çimento fabrikalarındaki eser element emisyon faktörleri.

Element		I	II	III	IV	V	VI
Arsen trioksit	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.000-0.004	-	-	-	0.016	-
Kurşun	Pb	0.000-0.033	0.006	0.012-0.2	1.1	0.216	≤ 0.033
Selenyum	Se	-	0.006-0.02	-	-	0.002	-
Krom	Cr	0.010-0.011	-	0.02-0.3	-	0.105	-
Nikel	Ni	0.003-0.020	-	-	-	0.111	-
Vanadyum	V	0.001-0.020	-	-	-	-	-
Çinko	Zn	0.003-0.047	-	-	11	0.293	0.003-0.47
Kadmiyum	Cd	0.000-0.001	-	-	0.04	0.008	≤ 0.001
Talyum	Tl	0.000-0.228	-	-	-	-	-

I mg element/kg klinker olarak [6].

II Kömür ve sıvı yakıtlı, mg element/kg klinker olarak [7].

III Çoğunluğu atık yağ, mg element/kg klinker olarak [7].

- IV Yakıt belirsiz, mg element/kg çimento olarak [8].
- V mg element/kg çimento olarak [9].
- VI mg element/kg çimento olarak [10].

Çalışmaları yapılan çimento fabrikalarının eser element emisyon faktörleri çimento üretimleri değil klinker üretimleri baz alınarak hesaplanmıştır (Çizelge 11). Bunun nedeni üretilen klinkerin tamamının fabrika içerisinde çimentoya çevrilmeyip diğer fabrikalara satılmasıdır.

Hesaplanan eser element emisyon faktörleri Orta Anadolu Bölgesi kaynaklı arsen trioksit emisyonu hariç literatürdekilerle uyuma göstermektedirler. Bu durum büyük olasılıkla kullanılan ham maddedeki ve/veya yakıttaki yüksek  $As_2O_3$  içeriğinden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 11. Eser element emisyon faktörleri [mg element /kg klinker].

Element		Marmara	Ege	Orta	Değer aralığı
Kadmiyum	Cd	<0.0002	0.001	<0.0002	<0.0002-0.001
Krom	Cr	0.004	0.027	0.006	0.004-0.006
Kurşun	Pb	<0.002	<0.006	<0.003	<0.002-<0.006
Nikel	Ni	<0.0004	0.020	0.003	<0.0004-0.020
Selenyum	Se	<0.003	<0.007	<0.004	<0.003-<0.007
Tellür	Te	<0.007	<0.018	<0.010	<0.007-<0.018
Talyum	Tl	<0.004	<0.011	<0.006	<0.004-<0.011
Vanadyum	V	0.001	0.006	0.002	0.001-0.006
Antimon	Sb	<0.003	<0.007	<0.004	<0.003-<0.007
Baryum	Ba	0.005	0.020	0.008	0.005-0.020
Çinko	Zn	0.003	0.009	0.045	<0.003-0.045
Kobalt	Co	<0.0003	<0.0007	<0.0004	0.001-<0.0007
Stronyum	Sr	0.001	0.144	0.010	0.001-0.144
Bakır	Cu	<0.0002	<0.0004	0.005	<0.0002-0.005
Bizmut	Bi	<0.005	<0.013	<0.007	<0.005-<0.013
Moldenum	Mo	<0.0007	<0.002	<0.001	<0.0007-<0.002
Berilyum	Be	<0.00009	<0.0002	<0.0001	<0.00009-<0.0002
Arsen trioksit	$As_2O_3$	<0.007	0.047	<0.010	<0.007-0.047

Diğer taraftan, fabrikalardaki eser element emisyon değerlerinin çoğu H.K.K.Y.'de her element ve sınıf için belirlenen sınır değerlerin altında kalmıştır (Çizelge 12). Ege Bölgesi'nde, kanserojen olmayan elementlerin III. sınıf toplam emisyonları ile kanserojen elementlerin II. sınıf toplam emisyonları ve Marmara Bölgesi'nde kanserojen olmayan elementlerin III. sınıf toplam emisyonları H.K.K.Y.'de verilen debi değerlerinin üzerindedir (Çizelge 1). Bu emisyonların

konsantrasyonları, sırasıyla, 26 mg/Nm<sup>3</sup> ve 0.04 mg/Nm<sup>3</sup> (Ege Bölgesi için) ve 9 mg/Nm<sup>3</sup> (Marmara bölgesi için) olup sınır değerlerin altındadır.

Çizelge 12. Çimento fabrikalarındaki eser element emisyon debileri.

Kanserojen olmayan elementler [kg/saat]				
Sınıf	Marmara Bölgesi	Ege Bölgesi	Orta Anadolu Bölgesi	Sınır
I	0.00499	0.0163	0.00163	0.1
II	0.00480	0.0195	0.00321	1.0
III	5.65	6.00	1.243	3.0
Kanserojen elementler [kg/saat]				
I	0.020	0.084	0.00598	0.5
II	0.257	10.25	0.8934	5.0

## KAYNAKLAR

1. Hava Kalitesi Korunması Yönetmeliği, Resmi Gazete, No. 19269, 2 Kasım 1986.
2. Thermo Jarrel Ash Analysis of Portland cement, Analytical Bulletin.
3. Kalafatoğlu E., Örs N. , Gözmen T., İşbilir F., Koral M., Marmara Bölgesi Çimento Fabrikası Hava Kalitesi Modellemesi ve Toz Emisyonunda Özel Maddelerin Belirlenmesi, Teknik Rapor, TÜBİTAK, Marmara Araştırma Merkezi, Malzeme ve Kimya Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, 1996.
4. Kalafatoğlu E., Örs N. , Sain S., Gözmen T., İşbilir F., Koral M., Ege Bölgesi Çimento Fabrikası Hava Kalitesi Modellemesi ve Toz Emisyonunda Özel Maddelerin Belirlenmesi, Teknik Rapor, TÜBİTAK, Marmara Araştırma Merkezi, Malzeme ve Kimya Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, 1996.
5. Kalafatoğlu E., Örs N. , Sain S., Gözmen T., İşbilir F., Koral M., Orta Anadolu Bölgesi Çimento Fabrikası Hava Kalitesi Modellemesi ve Toz Emisyonunda Özel Maddelerin Belirlenmesi, Teknik Rapor, TÜBİTAK, Marmara Araştırma Merkezi, Malzeme ve Kimya Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, 1996.
6. Sprung S., Spurenelemente - Anreicherung und Minderungsmaßnahmen, Zement - Kalk - Gips, Heft 5, 251-256, 1988.
7. 9<sup>th</sup>. Mtg. Working Group Atm. Input of Poll. To Convention Waters, Compilation of the comments on the report emission factors for air pollutant emissions, Annex 3, London, 5-8 Nov. (ATMOS 9/10/2), 1991.

8. Pacyna J.M., Emission factors of atmospheric Cd, Pb, and Zn for major source categories in Europe in Europe in 1950 through 1985, NILU Report OR 30/91 (ATMOS 9/info 7), 1990.
9. Jockel W. and Hartje J., Detenerhebung über die Emissionen Umweltgefährdenden Schwermetalle, Forschungsbericht 91-104 02 588, TÜV Rheinland e.V.Köln, 1991.
- 10.Dombrowski E.M., Comments on draft report of the Emission Factors Manual, Umweltbundesamt, Berlin, September 4 th, 1992.