

Endüstriyel Hammaddelerde Çevre Sorunları ve Çözümleri

İ. Bayraktar

Çine Akmeden Madencilik Tic. A.Ş., Aydın

ÖZET: Bu bildiri, çoğunlukla ülkemizde madenciliği yapılan bazı endüstriyel hammaddelerin (Bor, trona, tuz, feldispat, kuvars, boksit) üretiminde, tozun ve zararlı katı ve/veya sıvı atıkların yarattıkları çevre sorunları ile çözümlerini ele almaktadır.

ABSTRACT: This paper considers some noticeable environmental issues such as dust hazards,nuissance effluents and tailings along with their remedies on selected minerals (boron, trona, halit, feldspar, quartz, bauxite) those are mostly mined in the country.

GİRİŞ

Dünya madenciliğinin hacim ve parasal değer olarak en büyük dalı, endüstriyel hammaddeler, 80'den fazla mineralden oluşmaktadır. Endüstriyel hammaddeler, inşaatın petrol sondajına, refrakter tuğlalardan silikon çip ve mücevherat yapımına kadar uzanan çok geniş bir mineraller yelpazesidir.Sadece inşaat sektörünün kullandığı kum-çakıl-agrega, 2000 yılı itibariyle dünya ölçeğinde 15 milyar ton olarak tahmin edilmektedir

(D-

ABD' nin 1998 yılında petrol hariç madencilik sektörünün üretim değerinin %48'i endüstriyel hammaddelerden, %33'ü kömürden ve geri kalan %19'u da metal madenciliğinin toplamından oluşmaktadır (1).

Endüstriyel hammaddeler, belirli bir pazara göre oluşan fiziksel (tane boyu dağılımı, yüzey alanı, şekli, v.b)ve kimyasal özelliklere göre üretildiğinden, çok geniş bir fiyat yelpazesi ve üretim ölçeği içinde sayısız lokal işletmeler kadar, dünya pazarlarına üretim yapan büyük kuruluşları da kapsamaktadır. Lokal işletmeler daha çok kum-çakıl-agrega-tuğla-kiremit kili gibi hacmi büyük fakat fiyatı düşük ürünlerin üreticileridir.

Diğer madencilik faaliyetlerinde olduğu gibi bu en büyük madencilik faaliyetinde de gelişen çevre bilinci iki yönlü etkiye sahiptir. Bir yandan daha iyi bir çevre oluşmasına katkıda bulunurken diğer yandan da yatırımcıları caydırabilmektedir. Tüm canlıların (fauna ve flora)bozulmamış bir çevreye ihtiyacı vardır. Ancak bizlerin yaşamın da enerji, yiyecek ve mineral üretimlerine bağlıdır ve bunların üretimi çevreyi belirli bir ölçüde bozmaktadır.

İnsanoğlunun ihtiyaçları ile çevre arasındaki denge günümüzdeki en önemli mühendislik problemidir. Bu bağlamda, endüstriyel hammaddeler yine iki yönlüdür. Bir yanda üretilirken problem oluştururlar öte yandan başka endüstriyel faaliyetlerin oluşturduğu çevre problemlerini çözer. Örneğin, asidik suların nötrleştirilmesi, termik santral gazlarının kükürtten arıtılması için kireçtaşı, kireç veya trona kullanılması; bereketli bir hasat için yapay gübre ihtiyacı gibi kaçınılmaz olgular endüstriyel hammaddelere özgüdür.

Bu çok geniş ürün yelpazesi ve çok büyük hacim içinde çevre sorunları, işçi sağlığı ve güvenliği de toplumsal veya uluslararası sorunlar haline dönüşmüştür. Örneğin, asbestin ya da bir zeolit cinsi olan eriyonit tozlarının kansere; silis tozunun silikozis hastalığına; tarım yapılan topraklarda aşırı bor'un çöleşmeye neden olmaları gibi sorunlar, bireysel ve yöresel sorunlar olmaktan çıkmış, Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO), Uluslararası İşçi Örgütü (ILO) gibi kuruluşların gündemine girmiştir.

Hemen her türlü endüstriyel hammadde madenciliği, toz oluşturan, delme-patlama ve kazıdan sonra kırma ve/veya eleme ile başladığından, toz sorunu en büyük sorunlardan birini oluşturur.Bu nedenle en geniş yer mineral tozlarına verilecektir. Tozun yanında diğer çok önemli bir sorun da suda çözünebilir minerallerdir (Bor,trona,halit,v.b.). Bu çözeltilerin çevreyi çöleştirmemesi için alınması gereken önlemlere de değinilecektir. Nihayet, cam ve seramik hammaddelerinin zenginleştirilmesinde karşılaşılan veya karşılaşılabilecek, florürlü, aminli, sülfürik asitli atıklara karşı alınması gerekli önlemlere de bu bildiride ayrıca yer verilmektedir.

I.Toz

Genel bir tanım olarak toz, katıların mekanik bir etki (darbe, kesme, sürtünme) altında parçalanmasıyla ortaya çıkan ve havada belirli bir süre asılı kalabilen, küçük (<100 mikron) katı parçacıklardır.

Madencilik işlemlerinin daha ilk adımında da, yani delik delme işleminde başlayan toz oluşumu, onu izleyen patlatma ve yüklemeye de devam eder. Daha sonra kuru olarak yapılan kırma, eleme, öğütme, sınıflandırma ve bu işlemlerden geçmiş ürünlerin elleçlenmesi sırasında insan sağlığını tehdit edecek boyutlarda toz oluşmaktadır. Tozun ne ölçüde zararlı olduğunu, onun solunum sistemine geçip, orada yerleşebilirle özelliği belirler. Dolayısıyla, toz boyutu ve petrografik bileşimi bu anlamda en önemli parametrelerdir. Tozun tane boyu küçüldükçe havada asılı kalma süresi de artar. 1-2 mikron tane boyundaki tozlar, çıplak gözle görünmesi söz konusu olmadığından ve solunum sistemine ulaşmaları ve yerleşmeleri daha kolay olduğundan en tehlikeli tozlardır. Örneğin, asbest, zeolit (eriyonit) son derece zararlı (kanserojen) tozlardır. Tozlu ortamların akciğerlerde neden olduğu öldürücü hastalıklar (pnömokonyoz, silikozis, asbestosis, kanser v.b) dışında, zararsız (inert) tozlar bile akciğerlerde "endüstriyel bronşit" denilen, sigara içimi ile müzminleşip etkisini artıran bir rahatsızlığa yol açar (2). Kısaca ifade etmek gerekirse, her türlü tozun, solunan havada olabilecek en düşük düzeye getirilmesi bir zorunluluktur. Çünkü solunan havada toz derişimi arttıkça, tozun zararlı etkisi de hızla artmaktadır. İş ortamındaki havanın taşıdığı toz miktarı kütleli bir derişim olarak, beher m³ teki mg. toz olarak ölçülür. Havadaki toz konsantrasyonu genelde 7 mikron altı toz olarak ifade edilmektedir.

Ülkemizde, 2872 sayılı Çevre Kanununa göre yürürlükte olan "Hava Kirliliği Kontrol (H.K.K)Yönetmeliği" kırma, eleme, öğütme tesislerinin çevre kirliliği yaratmaması için bu tesislerden kaynaklanan toz emisyonuna madde 7 bent 2 de toz konsantrasyonu sınır değerleri belirlenmiştir. Buna göre: "Doldurma, ayırma, eleme, taşıma, kırma ve öğütme tesislerinden çıkan gazlarla atılan toz emisyonu 3 kg/saat'e kadar ise atık gazlardaki toz konsantrasyonu 300 mg/m³, atılan emisyon 3kg/saat'ten fazla ise atık gazlardaki toz konsantrasyonu 150 mg/m³ün altında tutulur". Tesislerde tozun debisinin ve konsantrasyonunun aynı anda ölçülebilmesi için bu emisyonun topluca bir bacadan çıkması gereklidir. Bacası olmayan

tesislerdeki ilgi alammrzdaki pek çok tesis bacasızdır bu durumda emisyon noktalarından yapılan ölçümlerle kütleli debi hesaplanır. Birden fazla emisyon noktasından yayılan kütleli debisi, H.K.K Yönetmeliği Ek-2 deki sınır değerlerle karşılaştırılarak, tesis etrafında hava kalitesi ölçümü yapıp yapılmayacağına karar verilir.

Unutmamak gerekir ki tozun bastırılması öncelikle insan ve çevredeki diğer canlılar için bir zorunluluktur. Ayrıca işletme ekonomisi açısından da iş makinelerinin motor ve yataklarının hızlı aşınması en azından hava ve yağ filtre tüketimi, ortamın toz konsantrasyonuna bağlıdır. Bunun yanında kırma, eleme, öğütme tesislerindeki elektrik motorları ve özellikle kontaktörler tozdan ciddi oranda zarar görür. Pek çok endüstriyel hammadde tesisinde toz, fire olarak bir kayıptır. Etkin bir toz tutma sistemi fireyi en düşük düzeye getireceğinden tozu kıymetli olan işletmelerde örneğin, çimento tesislerinde ekonomik bir katkı da sağlamaktadır.

1.2 Toza Karşı Alınacak Önlemler

Tozun kaynağında bastırılmasına yönelik önlemler, genel olarak, tozun oluşum noktalarından bir filtre sistemine nakline göre daha kolay ve ucuzdur. Tozun kaynağında bastırılması su gerektiren bir işlem olduğundan, tozsuzlaştırma işlemleri, sulu ve kuru olarak iki ana guruba ayrılır.

1.2.1 Su Kullanarak Tozsuzlaştırma

Bu yöntem daha çok kırma-eleme tesislerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

1.2.1.1 Kırıclara Doğrudan Su Verme

Çok etkin bir yöntem olmamasına karşın yatırım gerektirmemesi nedeniyle uygulanmaktadır. Ancak ince kırmanın yapıldığı tesislerde, elek ve besleme şutlarında tıkanmalara yol açar çünkü bu yöntemle tozun bastırılabilmesi için cevherin nem oranının %4-6 arasında olması gereklidir. Sadece kaba ve orta boy kırma (~25-50 mm) eleme tesislerinde, kırılacak malzemede kil yoksa sorunsuzca kullanılabilir.

1.2.1.2 Su - Kimyasal Karışımı Püskürtme

Suyun bir katı maddeyi etkili bir şekilde ıslatabilmesi için su-katı yüzey geriliminin düşük olması gereklidir. Buda söz konusu katının yüzey kimyasal özelliklerine bağlıdır. Örneğin, sülfürlü cevherler, grafit gibi maddeler suyla ıslatılabilirler. Silikatların pek çoğu belirli bir dereceye kadar ıslanabildikleri halde suyun yüzey geriliminin kimyasal maddelerle düşürülmesi

halinde kolayca ıslanabilir bir özellik kazanırlar. Bu sayede cevherin, doğrudan su kullanımında olduğu gibi %4-6 arası nem içermesi gerekmez. Çok daha az miktarda su ile örneğin, %0,5-1 arası nemlilikle tozsuzlaştırma sağlanır. Kıрма inceliği ile kullanılan su ve kimyasal madde miktarı doğru orantılıdır.

Zira kırma-eleme incelikle tozlaşma da artmaktadır. Tozsuzlaştırma amacıyla suya karıştırılan kimyasal maddelerin zararsız, tercihen bitkisel kökenli olması istenir. Bu maddeler genelde, yüzey gerilimi düşürücü polimerlerdir. Örneğin, Nalco'nun ürettiği "Dustfoam" ticari adlı maddenin esası portakal kabuğudur(3).

"Dustfoam", uzun ömürlü bir köpük oluşturabilen yüzey aktif doğal bir kimyasaldır. Suyu %0,5-%1 oranında katılarak, uygun hacimli genişleme kaplarında basınçlı hava ile yaklaşık 50 kat genişletilerek köpük oluşturulur. Bu köpük kırıcılara, kırılacak malzeme ile birlikte püskürtme şeklinde beslenerek, kırma anında oluşan yeni yüzeyleri kolayca ıslatarak toz tanelerini birbirine bağlar. Suyun az kullanılması nedeniyle, eleklerde sıvanma, şutlarda tıkanma, v.b. olmamaktadır. Kimyasal madde tüketimi, agrega tesislerinde 20-25 gram/tondur. Doğal olarak kırma inceliği (yeni yüzey alanı) arttıkça kimyasal tüketimi de artacaktır (3).

Aşağıdaki Resim 1 ve 2 de Kalemaden (Çan) tesisinde "Dustfoam" uygulaması öncesi ve sonrası verilmektedir. Resimlerden yöntemin etkililiği çok açık görülmektedir. (3).

1.2.1.3 Sis İle Tozsuzlaştırma

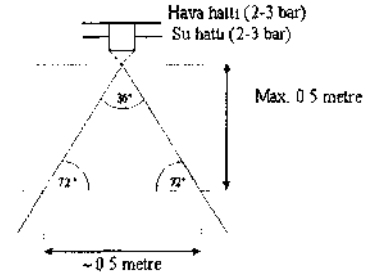
Su, yaklaşık 5 mikron boyutunda zerrecikler (sis) halinde, toz oluşan yerlere bir meme (nozzle) yardımı ile püskürtülür. Toz yüzeyleri ıslatılarak birbirlerine bağlanır ve kütleleri büyüdüğünden hemen çöker.

Bu yöntemde, tozun olduğu yerler kapalı odacıklar içine alınarak, odacık tavanından bir meme ile sis halinde su verilmektedir. Şekil-1 de tipik bir memenin (Envex, S-1 ve S-2) şişleme alanı ve açısı görülmektedir.

Şişleme ile az miktarda su tüketildiğinden (2-5 kg/ton), eleklerde sıvanma, şutlarda yapışma gibi sorunlar olmamaktadır. Toz bastırma verimi yüksek olmakla birlikte yüzey aktif polimer kullanımına göre biraz düşüktür.

Şekil 2 de Çine Akmaden A.Ş. 300 ton/saat - 5mm kapasiteli feldispat kırma-eleme tesisindeki,

"Envex" toz bastırma yönteminde suyun püskürtüldüğü (şişleme yapıldığı) yerler görülmektedir. Bu sistemde su basıncı 4,5 bar, hava basıncı ise 7 bardır ve 19 meme kullanılmaktadır.



Şekil-1 : Envex , S-1 ve S-2 tipi meme etki alanı (4).

"Envex" in işletmeye alındığı 2004 yılı ortasından bu yana şişleme ile tozsuzlaştırma sistemi başarıyla kullanılmaktadır. 19 adet memeden ton başına yaklaşık 8 kg verilmektedir. Resim 3 ve 4'te Envex'in şişleme sistemi öncesi tozlu ortam ile şişleme uygulandıktan sonraki tozsuz ortam açıkça görülmektedir.

1.2.2. Kuru Tozsuzlaştırma Yöntemi

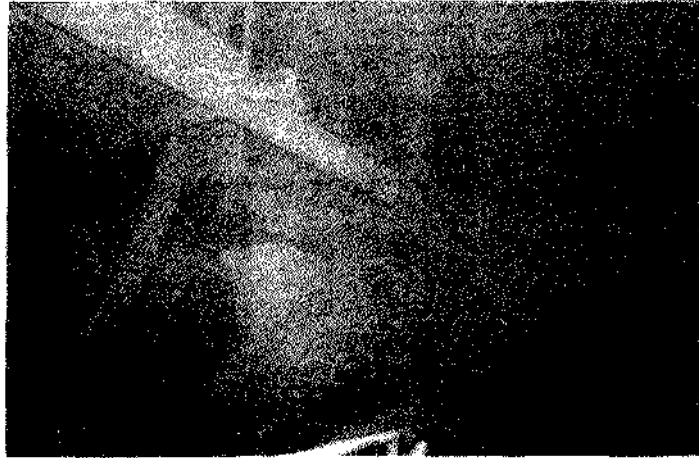
Bu yöntemde de şişlemedeki gibi toz oluşum noktalarının kapatılması gereklidir. Kapalı odacıklar içindeki toz, emilerek filtre edilir. Toz, bir filtre ortamında tutulur. Tozdan arınmış hava bir bacadan atmosfere verilir. Çimento endüstrisinde mekanik filtreler yerine çimento tozu, statik elektrik yüklü bir alandan geçirilerek havadan arındırılır.

Kuru yöntemlerin, gerek mekanik gerekse elektrostatik olsun, ilk yatırım maliyeti oldukça yüksektir. Çünkü, toz oluşum noktalarından, güçlü fanlarla emiş yapılarak tozlu havanın filtreye taşınması gereklidir. Ayrıca, enerji tüketimi, aşınma, filtre malzemesi gibi harcamalar nedeniyle işletme masrafları da yüksektir.

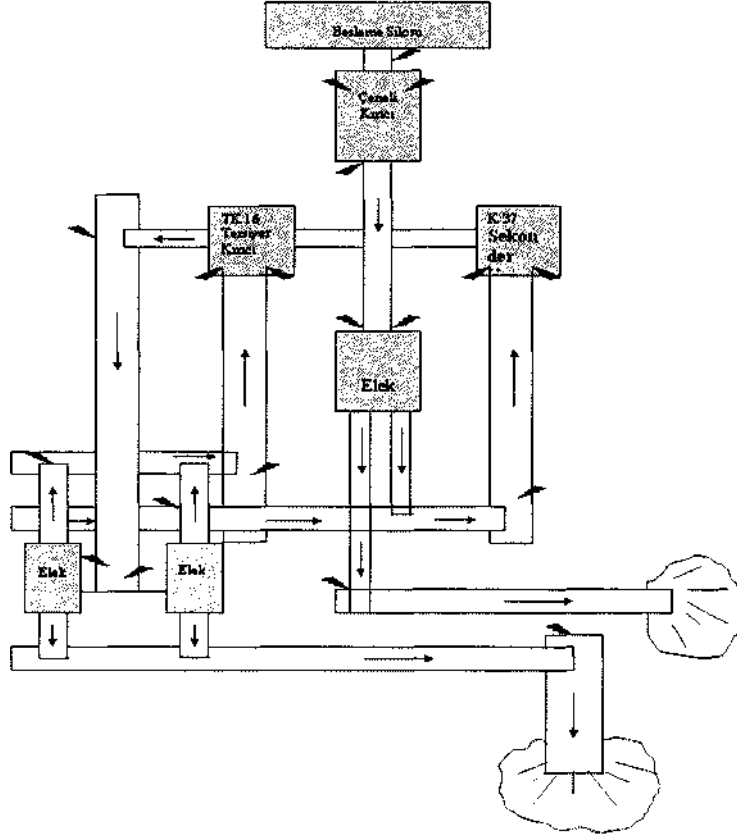
Kuru yöntemler daha çok, tozun su ile temasının istenmediği satılabilir tozların tutulması için kullanılmaktadır. Kuru yöntemlerin en yaygın uygulandığı sektör çimento sektörüdür (5). Bu sektörde, emisyon sınırları giderek küçüldüğü için elektrostatik ve mekanik sistemler birlikte kullanılmaktadır. Çünkü elektrostatik toz tutmanın etkinliği küçük tane boylarında (<10 mikron) azaldığından, emisyon sınırlarını karşılayamamakta dolayısıyla mekanik (torbalı) sisteme de ihtiyaç duyulmaktadır.



Resim 1: "Dustfoam" Öncesi

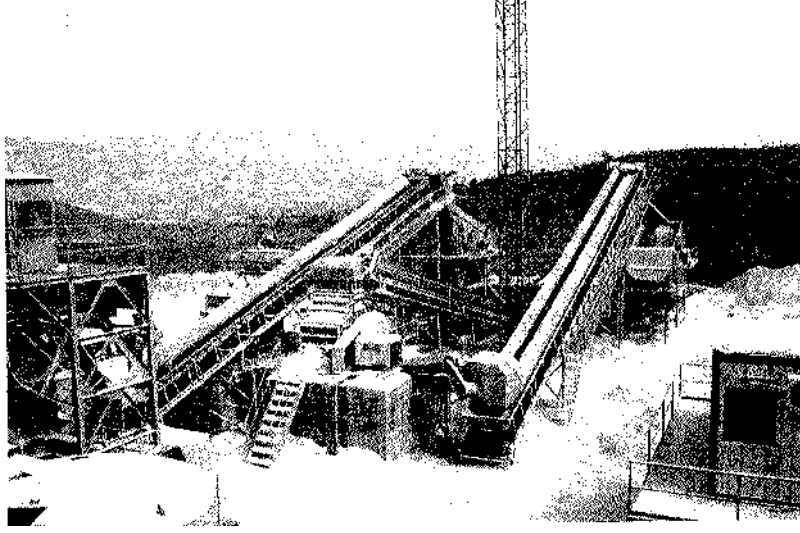


Resim 2: "Dustfoam" Sonrası

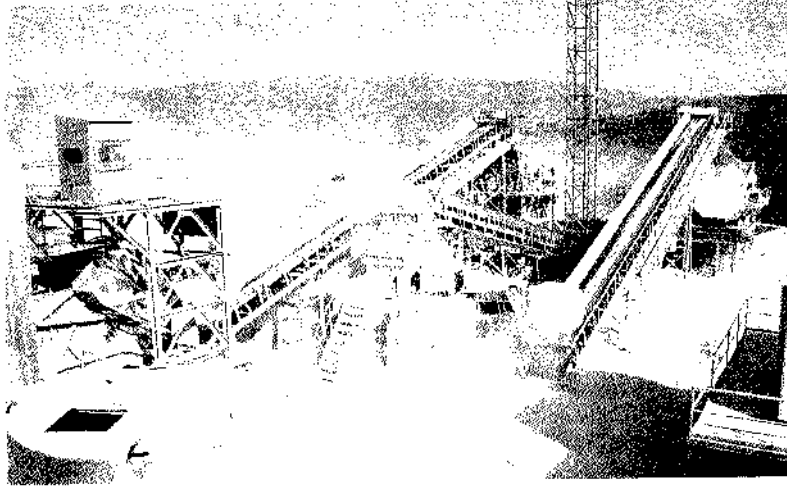


Şekil-2: Çine Akmaden A.Ş. 300 ton/saat-5mm Feldspat Kırma-Eleme Tesisi Şişleme Noktaları

- 1 Çeneli Kırıcı haznesi
- 2 Çeneli Kırıcı haznesi
- 3 İzgara altı
- 4 Elek giriş bandı alt lambur (çenelinin altı)
- 5 Elek giriş bandı üst
- 6 EK giriş bandı üst
- 7 TK 16 giriş bandı
- 8 TK 16 giriş bandı
- 9 K 37 giriş bandı
- 10 K 37 giriş bandı
- 11 K 37 TK 16 çıkış bandı
- 12 Elek giriş bandı
- 13 Elek giriş bandı
- 14 K 37 giriş bandı ait tambur tarafı
- 15 Elek çıkış bandı
- 16 TK 16 giriş bandı alt tamburu
- 17 Elek çıkış bandı
- 18 Elek çıkış bandı
- 19 Gezer bant girişi



Resim 3: Çine Akmaden Kıırma Eleme Tesisinde Şişleme Sistemi Kapalı



Resim 4: Çine Akmaden Kıırma Eleme Tesisinde Şişleme Sistemi Açık

2. Suda Çözünen Mineraller

Endüstriyel hammaddeler içinde yer alan pek çok mineral, örneğin, bazı boratlar (boraks, kerrat), trona, halit, v.b. suda çözünebilir. Bu özellik daha madenin üretimi anında, özellikle açık işletmelerde ciddi çevre sorunlarına yol açabilir. Çünkü, bu minerallerden çözünerek çevreye yayılan anyon ve/veya katyonlara her canlının toleransı (özellikle bitkilerin) çok farklıdır. Bu durum dikkate alınmadığı taktirde o bölgede çölleşme kaçınılmazdır.

2.1. Bor Mineralleri

Aşağıdaki Çizelge-1 de en yaygın bulunan ticari bor minerallerinin suda çözünürlükleri verilmektedir (6,7) Çizelge-1 den görüleceği üzere boraks ve kemit en çok çözünen minerallerdir.

Çizelge-1: Boratların Suda Çözünürlüğü

Mineral Adı / Formülü	Suda Çözünürlük, 25°C de g/litre
Boraks (Tintai) (NaA`OH), 8H ₂ O	31,7
Kmit (Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O)	31,7
Kolemanit (CaB ₆ O ₁₀ ·6H ₂ O)	0,81
Oleksit (NaCaB ₃ O ₇ ·10H ₂ O)	14

Bor, bitkilerin mutlaka gereksinim duyduğu bir element olmasına karşın aşırı dozu da bitkiyi öldürmektedir. Örneğin, bitki bünyesinde 15 ppm den azı zararlıya yol açar, 20-100 ppm normal, 200 ppm den fazlası ise bitkiyi kurutur. Aşağıdaki Çizelge-2 de bazı bitkilerin bora karşı duyarlılık sınırları verilmektedir (8).

Çizelge-2: Bazı Bitkilerin Sulama Suyundaki Bor'a Karşı Duyarlılık Sınırları (B, ppm) (8)

Duyarlı		Orta Derecede Duyarlı	Orta Derecede Toleranslı	Toleranslı
0,5-0,75	0,76-1	1,1-10	11-4,0	4,1-6,0
Şeftali	Buğday	Avuç	Mani	Şeker Pancarı
Soğan	Arpa	Patates	Lallara	Domates
	Ayçiçek	Salatalık	Mısır	Yatani Ispanak
	Fasulye		Yulaf	

Sulu tarımın yapıldığı bölgelerde devamlı sulamada suyun içindeki borun azami 0,75 ppm'i, tek sulamada ise azami 2 ppm'i geçmemesi bitki sağlığı açısından zorunluluktur.

Yukarıda verilen bu değerlere karşın, ülkemizdeki Su Kirliliği Kontrol (S.K.K.)Yönetmeliği (S.K.K.Y) Tablo 7.3 te, metalik olmayan maden sanayii atık sularının alıcı ortama deşarj standartına bor cevheri işletmeleri için 2 saatlik kompozit numunede 500 ppm olarak vermektedir. Bu görece yüksek limit, yine S.K.K.Yönetmeliği, Tablo 14.2 de kimya sanayii (perborat ve diğer bor ürünleri) için de aynıdır. Öle yandan aynı yönetmeliğin, "Teknik Usuller Tebliği"nde Tablo-9 da sulama sularının sınıflandırılması, Çizelge-2 deki gibidir. Ayrıca, S.K.K.Y "Suda Tehlikeli Ve Zararlı Maddeler Tebliği"nde bor, bor bileşikleri ve bunları ihtiva eden atıklar Ek-2 de yer almaktadır. Bütün bunlardan anlaşılmalıdır ki bor madenciliği, çevresel açıdan en çok dikkat gerektiren faaliyetler arasındadır.

Bor içeren suların çevreye yayılmaması için alınması gereken önlem, atıkların sızdırmaz bir atık barajında depolanması ve bor içeren proses sularının kapalı devre içinde tutulması zorunluluğu yukarıdaki veriler ve ilgili mevzuat ışığında çok açıktır.

2.2. Trona (Na₂CO₃·2H₂O)

Trona suda çözünen bir mineraldir. Çözeltisi yüksek miktarda sodyum içerir ve alkalidir. Dolayısıyla yüksek sodyumlu, alkali sular (pH>9) toprak kimyasını bozduğundan, flora ve faunaya zarar verir. Uzun süreli bir etkileşim çölleşmeye yol açar. Bu nedenle bor madenciliğinde alman önlemlerin (atık barajı ve kapalı devre su kullanımı) aynısının alınması gerekir.

2.3. Tuzlar (NaCl ve KCl)

Sofralarımızın demirbaşı ve kimya endüstrisinin en önemli girdisi olan halit ve silvit suda çözüldüğünden, bu tuzların çözeltileri yüksek miktarda sodyum, potasyum katyonu ile klor anyonu içerir. Zaten bu tuzlar çoğunlukla deniz ve bazı göllerin sularından üretilmektedir. Ancak kaya tuzu veya silvit madenciliğinin yapıldığı karasal işletmelerde, bor ve tronada olduğu gibi bu tuzların çözeltileri çevreye verilmeyecek şekilde önlemler (atık barajı ve kapalı devre su kullanımı) alınmalıdır. Deniz ve göl kenarlarındaki işletmelerin atıkları, dışarıdan ilave edilmiş bir kimyasal içermediği sürece denizin veya gölün tabanına deşarj edilebilmektedir.

3. Proses Atıkları

3.1. Kimyasal Madde İçeren Atıklar

Pek çok endüstriyel hammadde, gerekli teknik özelliklere sadece basit fiziksel yöntemlerle (kırmama gibi) sahip olamadığından daha ayrıntılı prosesler de kullanılmaktadır. Örneğin, boksitten alumina üretimi, kuvars, feldispat flotasyonu, bazı kaolinlerin asitli ve/veya sülfütlü çözeltilerle yıkanması gibi. Flotasyon veya hidrometalurjik bir yöntem içeren endüstriyel hammadde madenciliğinin çevresel sorun yaratma potansiyelinin, bu yöntemleri kullanan metalik madencilik faaliyetlerinden büyük bir farkı yoktur. Aşağıda, bazı endüstriyel hammaddelerin üretiminde karşılaşılan sorunlar ve çözümler verilmektedir.

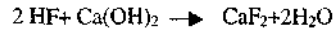
3.1.1. Hidroflorik (HF) Asit İçeren Atıklar

Kuvarın feldispattan ayrılması için konvansiyonel flotasyon işleminde önemli miktarda (asgari 500 gram/ton) hidroflorik asit kullanılmaktadır. Bu yöntemde proses suları ve atıklar çevre sağlığına zarar verecek düzeyde florür anyonu (F) içerir. S.K.K.Yönetmeliği Ek-2 de (Suda Tehlikeli ve Zararlı Atıklar Listesi) kalsiyum florür hariç inorganik flor bileşiklerini ki genelde bu bileşik sodyum

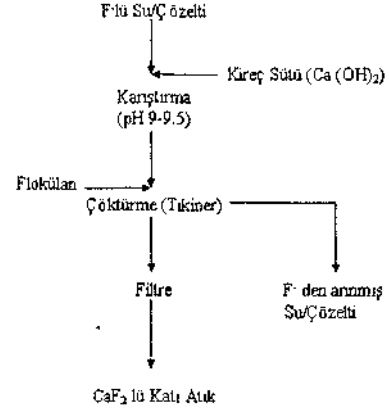
florürdür (NaF) tehlikeli madde olarak göstermektedir. Ancak "Maden Sanayii Atık Sularının Alıcı Ortama Deşarj Standartları" tablolarında flor yer almamaktadır. Flor, sadece Tablo 8'de "Cam Sanayii Atık Sularının Alıcı Ortama Deşarj Standartları" nda 2 saatlik numunede azami 30 ppm olarak verilmektedir. Bu verilerden anlaşılacağı üzere flor anyonuna karşı önlem alınmak zorundadır.

Florür anyonu içeren çözeltiler aşağıda Şekil 3'te verilen akım şemasına göre zararsız hale getirilebilir.

Florür anyonu aşağıdaki tepkime sonucu suda pratik olarak çözünmeyen ($K_{sp} = 3.45 \times 10^{-11}$) kalsiyum florür olarak çöker. Bu çökelti peletlenerek yüksek fırınlarda kullanılabilir.



Son yıllarda florür kullanmadan kuvars-feldispat ayırımı için dikkate değer flotasyon çalışmaları olması da florürün çevresel açıdan tüm dünyada istenmeyen bir anyon olması nedeniyle (9).



Şekil3:Florür Anyonu İçeren Su/Çözelti-lerin Arıtılması

3.1.2. Amin (R₃NH₃Cl) İçeren Atıklar

Katyonik toplayıcılar içinde en çok kullanılan aminler, içerdikleri azot veya klor nedeniyle çevresel açıdan potansiyel bir zarar kaynağı olabilir. Aminlerin çevreye zararı, yüksek debi ve konsantrasyonda (>100ppm) deşarj yapılması durumunda ortaya çıkar. Konvansiyonel flotasyon şartlarında (Mika, demiroksi-hidroksitler, feldispat, v.b.) 300g/ton'dan daha fazla kullanılmayan aminlerin atık sularındaki derişimi 100ppm'in çok altındadır.

Aminler, S.K.K. Yönetmeliği'nde madencilik sanayiine ilişkin tablolarda yer almamakla birlikte, Ek-2'de, madde 5'teki "organik halojen bileşikleri ve bunları ihtiva eden atıklar" ile madde-26'daki "yüzey aktif maddeler" gurubunda ele alınabileceğinden, yüksek debi ve derişimlerde arıtımı için önlem alınması istenebilir.

Aminleri sudan arıtmak için ülkemiz koşullarında en kolay ve ekonomik çözüm, aminlerin bentonite adsorbe edilmesidir (10). Yüksek katyon değişim kapasitesine sahip 100-300g/m³ gibi az miktarda bentonit kullanımı, aminin %97.7'sini sudan arıtmaktadır. Adsorpsiyonun çok hızlı olması nedeniyle bu işlem için sadece bir-iki dakikalık kalma süresi sağlayan bir karıştırma tankı yeterlidir.

3.1.3. Demir Yüklü Asidik Sülfatlı Çözeltiler

Kaolin ve kuvarın, limonit kaynaklı demir içermesi halinde, bu maddelerin kalitesini artırmak amacıyla, mineral yüzeylerine adsorbe olmuş demir hidroksitler sülfirik asitle yıkanmaktadır (Ağartma-

büeach-işlemi). Yıkama anında ortama indirgeyici sülfütlere ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, NaHSO_3 , v.b.) eklenerek pH 3'ün altında tutulur. Demir, iki değerlikli demir sülfat olarak çözeltiye geçer. Katı-sıvı ayırımından sonra çözeltinin mutlaka nötrale edilerek pH'nın 6'nın üzerine çıkarılması gereklidir. Nötralizasyon işlemi için kireç sütü, kostik soda, soda külü, trona çözeltisi gibi alkali kimyasallar kullanılır. Bu durumda, demir hidroksit olarak çökelir. Bu çözelti tekrar kah/sıvı ayırımına tabi tutularak su, kapalı devre bir proses için temizlenmiş olur.

3.1.4. Kırmızı Çamur

Endüstriyel hammaddeler dünyasında, gerek hacim gerekse üzerinde yapılan çalışmalar olarak işletmeleri ve araştırmacıları en çok uğraştıran konulardan birisi kırmızı çamurdur.

Boksitin, sodyum hidroksitle tepkimesi sonucu çözünmeyen, demir, alumina, silis, kalsiyum ve titan ile aşra miktarda sodyum hidroksit içeren kırmızı renkli atığa görünüşünden dolayı kırmızı çamur denmektedir. Boksitin mineralojik ve kimyasal bileşimine bağlı olarak, bir ton alüminyum metali için 0.3 ile 2.5 ton arasında kırmızı çamur üretilmektedir. Bu da her yıl dünyada milyonlarca metreküp kırmızı çamur hacmi oluşturur. Kırmızı çamur çok yüksek alkalitesi (pH >12) nedeniyle mutlaka atık barajında tutulmak zorundadır. Hacminin çok büyük olması nedeniyle, ortaya çıkardığı çevre sorunu ile birlikte işletme ekonomisine katkı sağlayacak ürünlere dönüştürülmesi için üzerinde çok sayıda araştırma yapılmıştır.

Günümüzde kırmızı çamurun aşağıda belirtilen alanlarda değerlendirilmesi mümkündür.

- Tuğla, kiremit veya yer karosu üretimi
- Asidik maden sularının nötralizasyonu
- Ağır metal içeren çözeltilerin arıtılması

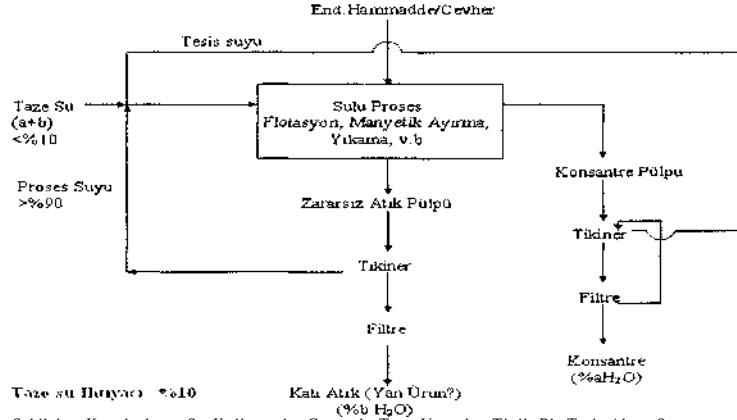
Kırmızı çamur yukarıda sayılan konularda kullanılmadığı takdirde sülfirik asitle nötrale edildikten sonra üzerine toprak serilerek bitki örtüsü ile kaplanır ve arazi geri kazanılmış olur. Denize yakın bölgelerde deniz suyu nötralizasyonu hızlandırarak, asit tüketimini azaltmaktadır.

3.5. Zararsız Katı Atıklar

Atmosferik şartlardan pratik açıdan etkilenmeyen yani su ve hava (oksijen) ile kısa ve orta vadede tepkimeye girmeyen, kararlı mineraller, örneğin, kalsit, silikatlar, killer, v.b. uygun şekilde stoklandıkları takdirde çevre için zararlı değildir. 3213 Sayılı Maden Kanunu, madde 36'da, bu türden atıkların orman içinde stoklanmasına izin vermektedir. Ancak, bu türden zararsız katıların proses suları (pülp) içinde alıcı ortamlara deşarj edilmeleri, yaratacağı fiziksel kirlilik nedeniyle mümkün değildir. S.K.K. Yönetmeliği, bu türden atıklarda, Askıda Katı Madde (AKM) miktarları (bulanıklılık) için sınır değerleri vermektedir. Söz konusu yönetmelik, Tablo 7.1, 7.4 ve 7.5'te değişik madencilik faaliyetlerine göre sırasıyla, iki saatlik kompozit numunede 70, 100 ve 100ppm AKM sınır değerleri vermektedir. Bu, AKM değerleri pek çok proses atığının doğrudan deşarjını imkansız kıldığından bu tür atıkların öncelikle, tikiner veya atık barajında sedimantasyon işlemine tabi tutularak yukarıdaki AKM sınır değerleri altına indirilmesi gerekir.

Esasen bu hale getirilmiş atık suyun alıcı ortama deşarjı yerine tesiste tekrar kullanılması yani kapalı devre çalışarak, suyun çevrime sokulması işletme ekonomisi açısından da gereklidir. Zira su giderek kıtlaşan ve pahalılaşan endüstriyel bir madde olmuştur.

Şekil 4'de katı atığı zararsız olan, sulu bir proses kullanan (flotasyon, manyetik ayırma, yıkama-sıfırlama, v.b.) ve kapalı devre çalışan bir işletmenin genel akım şeması görülmektedir. Bu işletme asgari düzeyde suya ihtiyaç duyduğundan, ülkemizin de içinde yer aldığı kurak iklim kuşağında hem çevre hem de su ekonomisi nedeniyle Şekil 4'deki akım şeması en akılcı çözümdür. Çine Akmaden A.Ş. feldispat flotasyon tesisi Şekil 4'te görülen kapalı devrede çalıştığından 100 ton/saat kapasiteli tesisin taze su ihtiyacı yaklaşık 20 m³/saat'tir.



Şekil 4 - Kapalı devre Su Kullanımlı, Çevreyle Tam Uyumlu, Tipik Bir Tesis Akım Şeması

SONUÇLANDIRMA

1- Endüstriyel hammaddeler çok geniş bir mineraller yelpazesi olduğundan, içerisinde insan sağlığına ve çevreye son derece zararlı, örneğin, asbest mineralleri ile birlikte zararlı, örneğin, agrega, kalsit, kil gibi mineralleri de içermektedir. Dolayısıyla çevre açısından endüstriyel hammaddeler için bir genelleme yapılamaz. Her endüstriyel hammadde işletmesi, çevresel açıdan kendi özel koşulları içinde ele alınmalıdır.

2- Toz oluşturan kırma-eleme kuru öğütme tesislerinde tozun cinsine bakılmaksızın tozsuzlaştırma işlemi mutlaka uygulanmalıdır. (Zararsız tozlar için verilen $150\text{mg}/\text{m}^3$ sınır değerinde bile olsa en hafif işte çalışan bir işçi, bir vardiyada yaklaşık 5000m^3 havayı ciğerlerine çekmektedir. Bu da 500-750gram arası tozun solunum sistemine girmesi demektir.)

3- Yaş tozsuzlaştırma (su püskürtme) yönteminin ilk yatırımı ve işletme maliyeti kuru mekanik sistemlere göre daha düşüktür.

4- Su püskürtme ile tozsuzlaştırmada suya karıştırılan yüzey aktif (yüzey gerilim düşürücü) maddeler tozsuzlaştırma etkinliğini artırmaktadır.

5- Endüstriyel hammaddelerde kullanılan yaş prosesler (Flotasyon, Yıkama-sınıflandırma) diğer madencilik işlemlerinde örneğin, sülfürlü cevherlerdeki gibi S.K.K.Yönetmeliği açısından benzeri problemler yaratmaktadır.

En önemli noktalar, atık sularda askıda katı madde miktarı (AKM) ve pH'dır. Genelde, ciddi ağır metal sorunu ve zehirli kimyasallar (Fanyonu hariç) endüstriyel hammaddelerin zenginleştirilmesinde söz konusu değildir.

KAYNAKLAR

- 1- Mining, Minerals and Sustainable Development (MMSD) Project, 2002, Breaking New Ground, Earthscan Publication Ltd. London, U.K.
- 2- ILO, 1991, Occupational Lung Diseases: Prevention and Control, Occupational Safety and Health Series No:67, International Labour Office, Geneva, Switzerland
- 3- Erkoç, Ö., 2005 Kişisel Görüşme ve "Nalco" katalogu, GEMPA General Makine Tic. A.Ş., e-mail: gemsa@sim.net.tr
- 4- www.enveks.com.tr
- 5- Labahn, O. and Kohlhaas, B., 1983, Cement Engineers Handbook, p. 622-658, Bauverlag GmbH., Wiesbaden and Berlin, Germany
- 6- CRC Handbook of Chemistry and Physics, 2004-2005, 85 rd. Edition
- 7- Tektaş, E., 2003, Bigadiç Colematute Health and Safety Data Sheet, Eti Holding A.Ş. R and D. Dept., Ankara
- 8- www.ewt.colostate.edu/pubs/crops
- 9- Bayraktar, f., Gülsoy, Ö.Y., Can, N.M., Orhan, E.C., 2001, Feldispatların zenginleştirilmesi, 4. End. Hammaddeler Sempozyumu S. 97-105, TMMOB Maden Müh. Odası, İzmir
- 10- Orhan, Eren, Caner, 2001, Feldispat Rotasyonunda Amin-Oleat Etkileşimi, Yüksek Mühendislik Tezi, Hacettepe Univ. Fen Bil. Enstitüsü, Ankara.