

SIYANÜR VE TOPLUM: KRİTİK BİR İNCELEME**

Cyanide and Society: A Critical Review**

T. I. Mudder ve M.M. Botz
Çeviren: Ata AKÇİL(*)

ÖZET

Siyanürün yerine kullanılabilir başka bir kimyasal yıllardır araştırılmaktadır; ancak, siyanürün elde edilebilirliği, etkinliği, ekonomisi, insan ve çevre üzerinde kabul edilebilir risk ile kullanılabilirliğinden dolayı maden endüstrisinde özel ayrıştırıcı olarak kullanımı sürmektedir. Altın ve gümüş kazanımı için halen dünyada altın üretiminin yaklaşık % 90'ında siyanür kullanılmaktadır. Otuz yıldır madencilikle ilgili çevre kazalarında doğrudan siyanür yüzünden sonuçlanan insan ölümleriyle ilgili belgelenmiş bir çalışma mevcut değildir. Madencilikle ilgili çevre kazaları herhangi bir coğrafik konumda yoğunlaşmamış olup, şirketin büyüklüğüne bağlı olmaksızın ortaya çıkabilir ve belli bir madencilik faaliyetiyle daha sık oluşmaz. Siyanür yönetiminin ana bakış açısı; siyanürün bölgeye taşınmasını içeren madencilik işlemleri, proses çözültüsünün taşınması, işçi sağlığı ve güvenlik eğitimleri, su yönetimi ve arıtımı, acil durum yönetimi ve hazırlığı, iş yeri ve çevre denetimi ve toplum ilişkilerine yönelik olmalıdır. Eğer siyanür yönetiminin bu bakış açısı genel siyanür yönetim planına katılırsa maden sahalarında riskli ve potansiyel olaylarda önemli düşüşler gerçekleşecektir.

Anahtar Sözcükler: Siyanür, Altın, Madencilik, Arıtım, Çevresel Yönetim.

ABSTRACT

Chemical replacements for cyanide have been investigated for decades; however, cyanide remains the exclusive lixiviant of choice in the mining industry due to a combination of its availability, effectiveness, economics and ability to use it with acceptable risk to humans and the environment. About 90% of the significant gold producing operations worldwide currently utilize cyanide for gold and silver extraction. Despite the number of cyanide-related mining operations, there have been no documented accounts during the previous three decades of the death of humans due to cyanide as a direct consequence of major mining-related environmental incidents. Major mining-related environmental incidents have not been concentrated in any geographic location, may occur regardless of the size of the company and do not occur more frequently with a specific type of mining activity. The main aspects of cyanide management that should be addressed at mining operations include transportation of cyanide to site, process solution conveyance, worker health and safety training, water management and treatment, emergency response and preparedness, workplace and environmental monitoring, and community relations. If these aspects of cyanide management are integrated into an overall cyanide management plan, dramatic reductions in risk and potential incidents at mine sites will be realized.

Keywords: Cyanide, Gold, Mining, Treatment, Environmental Management.

** Bu makale (T.I. Mudder, M.M. Botz, Cyanide and society: a critical review. EJMP&EP, Vol.4, No.1, 2004, pp. 62-74), European Journal of Mineral Processing and Environmental Protection (EJMP&EP) dergisinde basılmış ve dergi editörlüğü tarafından Türkçe çevirisinin Madencilik'te yayımlanmasına 29 Kasım 2007 tarihinde izin verilmiştir.

** This article (T.I. Mudder, M.M. Botz, Cyanide and society: a critical review. EJMP&EP, Vol.4, No.1, 2004, pp. 62-74) was published in The European Journal of Mineral Processing and Environmental Protection (EJMP&EP). Publication of its Turkish translation in Madencilik was consented by the Editors-in-Chief of EJMP&EP without any copyright issues on Nov.29,2007.

(*) Doç. Dr., Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği. Bölümü, Isparta,
ata@mmf.sdu.edu.tr

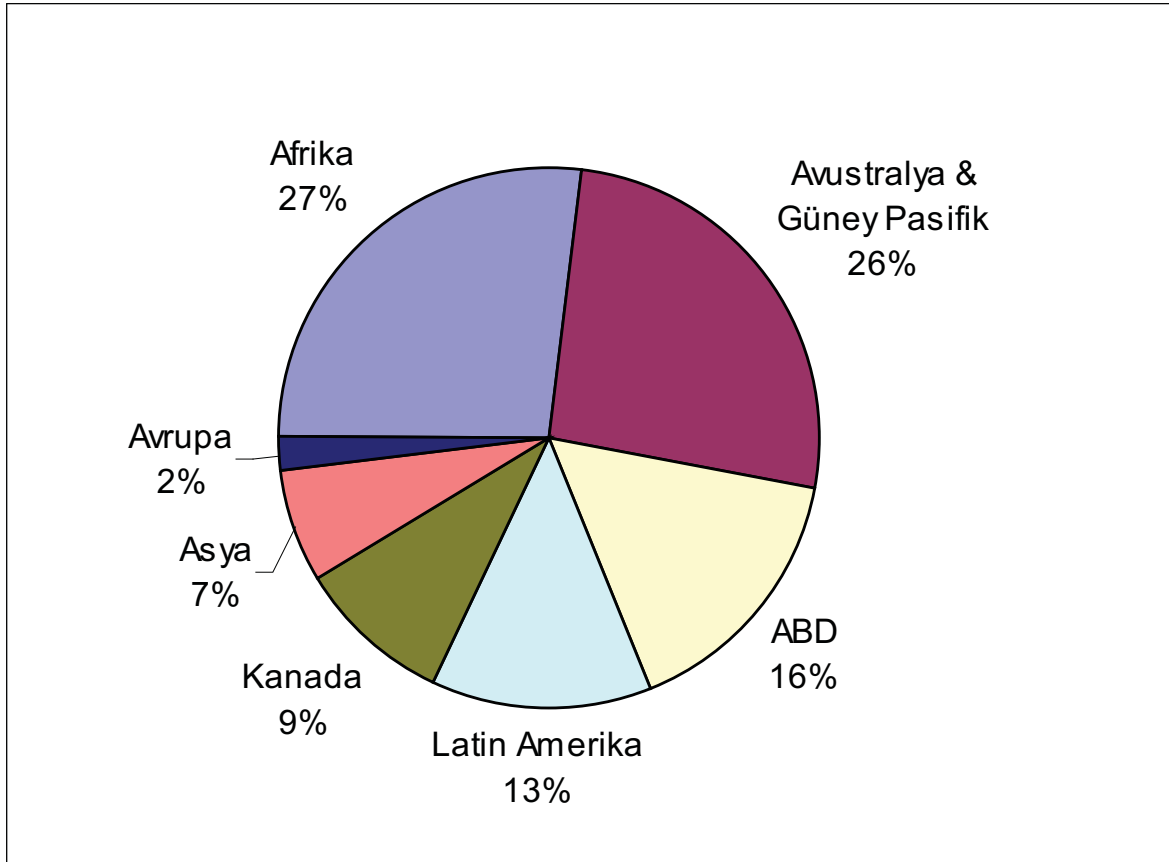
1. TARİH, KAYNAKLAR ve KULLANIM

Yüz yıl önce Yeni Zelanda'da siyanürün ticari olarak kullanımından bu yana siyanür dünya genelinde altın ve gümüş ekstraksiyonunda kullanılmaktadır. Yıllardır siyanürün yerine başka bir kimyasalın kullanılması ile ilgili araştırmaların yapılmasına rağmen siyanürün kullanılabilirliği, etkinliği, ekonomisi, insana ve çevreye verdiği kabul edilebilir risk nedeniyle özel bir çözücü olarak kullanımı sürmektedir. 2000 yılı itibariyle dünyada 500'ü önemli üreticiler tarafından olmak üzere yaklaşık 875 altın ve gümüş madencilik çalışması mevcuttur. Dünya çapında altın kazanımının % 90'ından fazlası siyanür kullanımına dayanmaktadır. Ayrıca dünyada yaklaşık 18 büyük altın madeni bulunmaktadır.

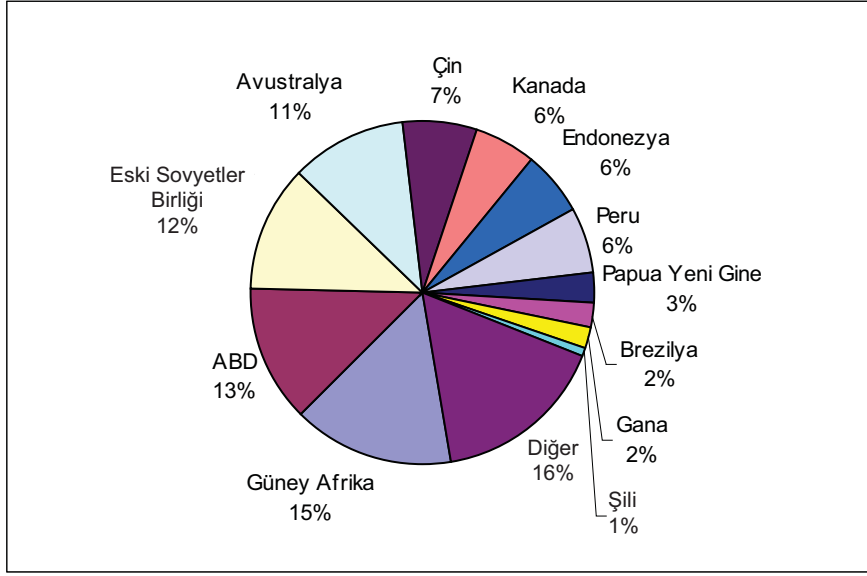
Şekil 1'de görüldüğü üzere, altın ve gümüş madenleri; Güney Amerika ve Avustralya başta olmak üzere, açık ocak ve yığın liçi madenciliği ile dünyanın her tarafında bulunmaktadır. 2003 yılında dünyadaki yaklaşık 2.650 tonluk altın üretiminin dörtte biri 20 maden ocağı tarafından

yapılmıştır. Global altın üretiminin dağılımı Şekil 2'de gösterilmektedir (Mining Journal, 1996; Mining Magazine, 2000). Maden endüstrisine olan güvenin azalmasına rağmen metaller, mineraller ve diğer hammaddeler için dünyadaki talep yıllık olarak belli yüzdelerde sürekli olarak artmaya devam etmektedir.

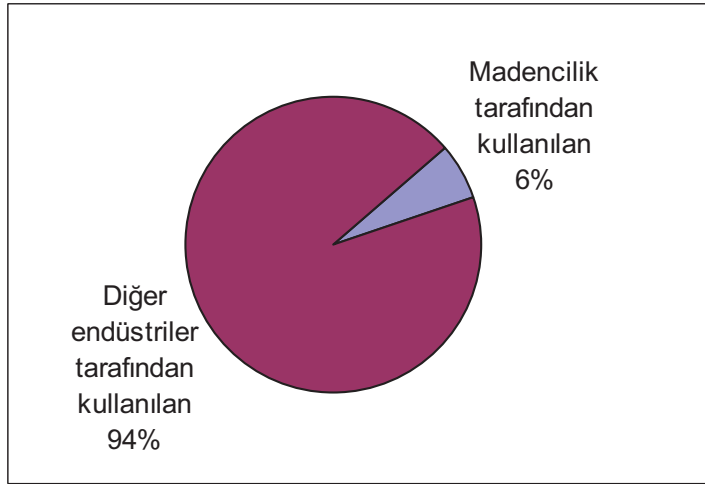
Şekil 3'de görüldüğü gibi dünyada yılda üretilen yaklaşık 1.1 milyon ton hidrojen siyanürün (HCN) yaklaşık 900.000 tonu ABD'deki çoklu tesiste ya birincil ya da yan ürün olarak üretilmektedir. Avustralya'da hem katı hem de sıvı sodyum siyanür için bazı küçük birincil üretim tesisleri bulunmaktadır. Dünyadaki yıllık 360.000 ton sodyum siyanür talebinin yaklaşık 120.000 tonu yani üçte biri altın ve gümüş kazanımında kullanılmaktadır. Hidrojen siyanür üretiminin yalnızca % 6'sı maden endüstrisinde kullanılan sodyum siyanüre dönüştürülmektedir. Avustralya ve ABD'de konsantre sıvı sodyum siyanür için artan bir talep ve üretim bulunmaktadır (Chemical Market Reporter, 1998; 1999).



Şekil 1. Siyanür kullanan madenlerin ülkelere göre dağılımı.



Şekil 2. Ülkelere göre dünya altın üretimi.



Şekil 3. Hidrojen siyanürün endüstriyel kullanımı.

Hidrojen siyanürün geri kalan %94'ü yapııştırıcılar, bilgisayar elektronikleri, yangın geciktiriciler, kozmetik, boya, naylon, ilaç, pleksiglas, roket yakıtı, yol ve sofraya tuzu gibi geniş bir yelpazedeki malzemelerin üretiminde kullanılmaktadır. Üretilen hidrojen siyanürün yaklaşık %50'si naylonun ilk hali olan adiponitrilin sentezinde kullanılmaktadır.

Siyanürün yararlı kullanımları çoktur ve siyanür ürünleri her gün dünyada milyonlarca insan tarafından güvenle kullanılmaktadır. Dünyada üretilen siyanürün sadece küçük bir kısmı madencilikte kullanılmaktadır. Altın ve gümüş madenciliğinin yok edilmesi, siyanür ya da

madencilik ile ilgili riskleri yok etmeyecek fakat

yaşamı siyanür üretiminden elde edilen ürünlere ve ekonomik yarara bağlı olan birçok insanın hayatını olumsuz olarak etkileyecektir (The Gold Institute, 2000).

Ruhsatlı ve mevcut maden çalışmalarında kullanılan siyanür ile ilgili algılanan veya gerçek risklerden ayrı olarak siyanür, dünyada kontrolsüz çalışan milyonlarca küçük ölçekli madencinin altın kazanımında kullandığı civa amalgamasyon tekniğinin olumsuz etkileri düşünüldüğünde, toplum ve çevre için çok daha üstün ve güvenlidir.

2. RİSK VE İNSANLARA OLAN ETKİSİ

Madencilik üzerindeki tartışma yakın zamanda çevre kampanyaları ve daha önce Mineral Policy Center adıyla bilinen Earthworks tarafından yayımlanan "Kirli Metaller: Madencilik, Toplum ve Çevre" başlıklı belgeler aracılığı ile altın endüstrisi ve siyanür kullanımı üzerinde odaklanmıştır. Siyanürle ilgili korku genelde madencilikle ilgili olmayan çeşitli tarihi kaynaklardan ortaya çıkmıştır. İşte bu korku genel anlamda madencilikle ilgili olumsuz kamuoyu oluşturmak için sık sık kullanılan bir korkudur. Eğer siyanür uygun kullanılmazsa, insanlar ve doğal yaşam için zehirli olabilir. Bu konu ile ilgili hiçbir şüphe yoktur. Yıllardır siyanür ile ilgili insanların zihinlerinde çok sayıda yanlış kavramlar ve efsaneler bulunmaktadır (Mudder ve Smith, 1994; Mason, 1997). Bununla birlikte, aynı düşünce otomobil kullanımı veya siyanür kadar zehirli bir kimyasal olan beyazlatıcı içeren klor gibi evsel ürünler için de geçerlidir. Doğal felaketlerden kaynaklanan veya evlerimizde oluşan ölümcül kazalar, sanayide siyanüre maruz kalmaktan kaynaklanan kazalardan çok daha fazla olmakla birlikte bu yüksek riskler kabul edilebilir olarak düşünülmemekte ve günlük hayatımızda katlanılabilir görülmektedirler (Kahn, 2003).

Bazı insanlar, nadiren oluşan işletme yetersizliklerinin yol açtığı üzücü çevre olayları nedeniyle madencilikğin tamamen durdurulması gerektiğini düşünmektedirler. Her ne kadar risk olayının mevcudiyetinden dolayı özür borçlu olmasak bile, bunu göz ardı etmekten kaynaklanan sorumlulukları üstlenmemiz gerekmektedir. İşçilerin ve halkın risk düzeylerini belirlemede etik ve ahlaki bir sorumluluk vardır. Siyanür kullanımı ile ilgili risklerin farkında olmak suretiyle uygun acil hazırlık ve tepki düzeyi uygulanabilir.

İnsanların birkaç bin yıldan beri topraktan çıkartılan mineralleri ve metalleri kullandığını, hatta daha uzun çağlar da kullanacaklarını düşünecek olursak; pratik açıdan bakıldığında, madencilikğin genel olarak yapılıp yapılmaması tartışma dahi götürmez. Maden yatakları araştırmaları daha az gelişmiş, daha uzakta ve bazen çevreye duyarlı bölgelere kaydığı için sınırlı kaynakları yönetme, sürdürülebilir bir kalkınma belirleme ve fakirliği azaltma çabaları ile her yeni bulunmuş metal ve mineral yatağının

madencilikğinin yapılması arasında bir denge aranmalıdır.

Siyanürün tarihsel kullanımı ve yakın zamana kadar ola gelen siyanür içeren madencilik kazaları göz önüne alındığında halkın siyanürün güvenlik ve çevresel etkileri hakkında bu kadar hassas davranması geçerli ve gayet anlaşılır bulunmaktadır. Bu kaygılara rağmen, siyanür çok sayıda büyük endüstri dalında hayati önem taşıyan madde olarak kalmaya devam etmektedir ve dünyadaki sanayi bölgelerinde güvenli ve çevreye duyarlı bir biçimde ele alınmaktadır. Her şeye rağmen siyanür maddesi potansiyel olarak zehirleyicidir ve çoğu kimyasal gibi yanlış ya da kötü kullanılırsa çevre ve insanlar üzerinde ciddi sonuçlara yol açabilir. İnsanlar işte veya evde kullandıkları ürünler ve yedikleri gıdalar vasıtasıyla siyanür ve siyanür türevleri ile gündelik hayatta temas halindedirler. Madencilikğin yanı sıra işçilerin siyanür ile sık sık karşılaştıkları birçok iş kolu bulunmaktadır.

Madencilik endüstrisinde işçinin siyanüre maruz kalma potansiyeli oldukça yüksek olmasına rağmen, dünya çapında son yüz yıl içerisinde her yirmi yılda bir ölüm vakasına karşılık gelen 18 tesadüfi ölüm bulunmaktadır. Madencilik endüstrisinde, üçte ikisinden fazlası Çin'de olmak üzere, yıllık olarak yaklaşık 15,000 adet işçinin kaza eseri ölümü meydana gelmektedir. Ölümün çoğunluğu sanayinin kömür ve yumuşak kaya madencilikği sektöründe olmaktadır. HIV/AIDS'e bağlı 2,9 milyon, taşıt aracı kazalarından kaynaklanan 1,2 milyon, sıtmaya bağlı 1,1 milyon, ve doğal afetler sonucu meydana gelen 75,000 ölüm vakası ile kıyaslandığında madencilik sektöründe siyanüre maruz kalmaktan kaynaklanan ölümlerle ilgili risklerin yıl bazında sayısal olarak değerlendirilmesi "gözardı edilebilir" bir nitelik taşımaktadır.

Birleşik Devletler'de siyanüre maruz kalmadan kaynaklanan ölüm sayısı yılda 0-2 ya da 3 arasında değişmektedir. Ölümün nedeni evdeki intiharlar ya da kazaların sonucudur. İşyeri ya da evde siyanür maddesiyle yüz yüze kalma sonucu meydana gelen ölümlerin sayısı gerçekten çok düşüktür ve hangi acıdan bakacak olursak olalım, trafik kazası veya boğulma veya düşme sonucu meydana gelen ölümlerle kıyaslandığında olasılığın binlerce kez aşağılarda yer aldığı görülmektedir. Madenlerdeki siyanürden kaynaklanan ölüm riski

Pekin'de geçireceğiniz bir bisiklet kazasından, Florida'da yıldırım çarpmasından, Kenya'da bir fil tarafından ezilmekten veya Avustralya'da bir timsah tarafından saldırıya uğrayarak yenilme riskinden çok daha azdır. Bu karşılaştırmaların tuhaflığı siyanürden kaynaklanan ölümle ilgili ihmal edilebilir riskleri göstermektedir.

Birleşik Devletler'deki genel nüfusun siyanüre maruz kalması en fazla otomobil eksoz gazı ve sigara dumanından kaynaklanmaktadır. Yüzeysel

sulara karışan siyanür ve ilgili bileşenlerinin çoğu belediyelere ait kanalizasyon tertibatı veya buzlanmayı önleyici madde olarak asfalt üzerine serilen yol tuzlarında kullanılan siyanürden ibarettir (Towill vd., 1978).

Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı Toksik Madde Salınım Envanteri veya 2001 yılı TRI verilerine göre yaklaşık 50 ton siyanür madenlerden veya metallerle ilgili kaynaklardan Birleşik Devletler'deki yüzey

Çizelge 1. Bazı Bitkilerdeki Siyanür Konsantrasyonları

Siyanür içeren bitki türleri	Konsantrasyon (mg/kg)
Bambu (<i>Bambusa</i> , <i>Arundinaria</i> , <i>Dendrocalamus</i>)	
Uç	Max. 8,000
Gövde	Max. 3,000
Stargrass, <i>Cynodon plectostachyus</i> , (tümü)	180
Gül ailesi, <i>Malus</i> spp., <i>Pyrus</i> spp.	Max. 200
Manyok, <i>Manihot esculenta</i>	
Acı Türler	
Yapraklar	347-1,000
Kökler	327-550
Kuru kökler	95-2,450
Gövde	1,130
Püre	162
Ağaç kabuğu	
Toplam siyanür	1,351
Serbest siyanür	102
Kabuk	
Toplam siyanür	1,390
Serbest siyanür	255
Posa	
Toplam siyanür	810
Serbest siyanür	53
Tatlı Türler	
Yapraklar	377-500
Kökler	138
Kuru kökler	46-<100
Püre	81
Lima Fasulyesi, <i>Phaseolus lunatus</i>	
Amerika	100-170
Burma	2,100
Porto Riko	3,000
Java	3,120
Badem, <i>Prunus amygdalus</i> , fındık	
Acı	280-2,500
Baharatlı	86-98
Tatlı	22-54
Tohumlar, 4 tür, Nigeria, insanlar tarafından tüketilenler	
<i>Phaseolus</i> sp.	381-1,093
<i>Vigna</i> sp.	285-1,223
<i>Cajanus</i> sp.	208-953
<i>Canavalia</i> sp.	285-953
Sorgum, <i>Sorghum</i> spp.	Max. 2,500

sularına bırakılmaktadır (USEPA, 2001). Buna mukabil, her yıl, içerisinde topaklanmayı önleyici olarak 700 ton demir siyanür içeren 10 milyon ton tuz Amerika Birleşik Devletleri'nde yollara buzlanmayı önleyici olarak dökülmektedir. Karşılaştırma olarak, Birleşik Devletler'de yol dışı tuz fazlalıklarının yüzey sularına karışma oranı nicelik açısından endüstri kaynaklı atıklardan çok yüksektir. Aslına bakılacak olursa bu yol artıklarından koparak yüzey sularına karışan tuzlar hem akut düzeydedir ve hem de siyanür içeriği USEPA su kalite kriterini aşacak düzeyde bulunmaktadır (Paschka vd., 1999; The Salt Institute, 2000).

Siyanür hem doğal hem de yapay kaynaklardan ortaya çıkar. Daha da ilginç, birçok bilim insanı yaşamın evrim geçirdiği kimyasal yapıtaşı olan siyanürün dünyadaki ilk organik bileşik olduğunu ileri sürmektedirler (Oparin, 1957; Rawls, 1997). Siyanür doğal olarak oluşur ve binlerce hayvan, bitki, böcek, mantar ve bakteri tarafından oluşturulur, salgılanır ve bozundurulur. Siyanür içeren bitkilerin pişirilmesi veya sindirilmesini takiben potansiyel olarak üretilen ve salınan siyanür düzeyi Tablo 1'de gösterildiği üzere çeşitli değerlere ulaşabilir (Eisler vd., 1991). Bu bitkilerin yenmesi doğal olarak hayvanlarda ölümlere ve insanlarda kronik zehirlenmelere sebep olabilir. Badem, kayısı, bambu, fasulye filizi, manyok, kaju, kiraz, mercimek, zeytin, patates, süpürge darısı ve soya fasulyesi gibi bitkiler siyanür üreten bitkilere aittir. Doğal kaynaklardan meydana gelen insan zehirlenmesinin en bilinen örneği dünyanın Ekvator bölgesinde yaşayan milyonlarca insan tarafından siyanür içeren bitkiler ve bilhassa manyok denilen bitkinin yenmesinden kaynaklanmıştır. Bu bitkiler, düzgün olarak hazırlanmazsa özellikle genç insanlar arasında kronik kol ve bacak felcine yol açacak şekilde toksik düzeylerde siyanür bırakabilmektedir. Afrika ülkelerinde binlerce adet Konzo vakasına rastlanmıştır.

Her ne kadar siyanür kullanımı ile ilgili kayıtlar örneksel bazda bulunsa bile, bunun üretimi, taşınması, depolanması, kullanımı ve yok edilmesini düzenleyen son derece sıkı kurallar ve normlar bulunmaktadır; ama yine de siyanürden kaynaklanan kazaların bazen ciddi sonuçları ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte kaza sayısı ve sonuçlarındaki azalma, farkındalıktaki artış ve bu tavırdaki değişikliği de içeren ilk adımlarla mümkündür. Günlük hayatımızdaki tüm riskleri

bir düzenleme ile ortadan kaldıramayacağımızı kabul etmek ve bunun farkına varmak, farkındalık ve tavırla ortaya çıkar.

3. SIYANÜRÜN TOKSİK ÖZELLİĞİ

İnsanlardan başka siyanüre maruz kalmayla ilgili olarak üç temel hayvan grubu vardır (Hagelstein ve Mudder, 1997a). Bunlardan ilk grup karada yaşayan memeli, sürüngen ve hem karada hem suda yaşayan kara hayvanlarıdır. İkinci grup ise göçmen kuşlar ve su kuşları olup üçüncü grup da suda yaşayan canlıları kapsar. Birinci grupla ilgili olarak değerli metal kazanımı ile oluşan siyanür çözeltilerine maruz kalmaktan kaynaklanan kara hayvanlarına olan yan etkisi insan faaliyetleri ve bunları dışarıda tutma tekniklerinin uygulanmasından dolayı sınırlıdır. Siyanür kullanımından kaynaklanan ekolojik etkiler hem doğal hem de yapay kimyasallardan ortaya çıkar.

1991 yılında, Birleşik Devletler Genel Muhasebe Bürosu (GAO), Arizona, Kaliforniya ve Nevada eyaletlerinde siyanür kullanarak 119 adet aktif metal çalışmalarını içeren bir çalışma yapmıştır. Uzak ve verimsiz bölgelerde yan etkisi olmayan tam 31 adet siyanür salınım vakası bildirilmiştir; bu salınımlardan kaynaklanan etkilerin fazla ciddi olmadığı anlaşılmış ve yasal açıdan uygun muhafaza tasarımı ve mühendislik standartları açısından karada yaşayan hayvanları korumaya yönelik bulunduğu ortaya çıkmıştır (GAO, 1991). Buna mukabil, Amerika Birleşik Devletleri Sahil Koruma (USCG) 2003 yılında ülke bazında yüzey sularına on binlerce kaynaktan sızan yüzlerce hatta binlerce litre kimyasal madde ve petrolün bırakıldığını bildirmiştir (USCG, 2003).

Çakal gibi istenmeyen yırtıcıları kontrol etmek ve toprağa yerleştirilmiş olan siyanür içeren aygıtlara ve siyanür içeren bitkilere evcil ve vahşi hayvanların maruz kalması daha büyük bir çevresel kaygı taşımaktadır. Yıllar önce Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı siyanür içeren bitkileri yiyen büyükbaş hayvanların karşılaşacağı tehlikelerle ilgili olarak çiftçiler ve yetiştiriciler için bir broşür yayınlamıştır. Amerika Birleşik Devletleri Balıkçılık ve Doğal Yaşam Birimi (USFWS) M44 Enjektör adını verdikleri siyanür içeren bir aygıt çakal kontrolünde kullanılmaktadır. Toprağın altına gömülen bu aygıt çakal ve diğer etobur hayvanları cezbedecek

yapay bir koku yaymaktadır. USFWS tarafından yapılan tahminler gereği M44 kullanımı sayesinde her yıl 18,000'den fazla çakal öldürüldüğü tahmin edilmektedir. Ancak, M44 nesli tükenmekte olan, nesli tehlikede olan ve korunan türlerin yanı sıra av kuşlarını ve kara hayvanlarını da öldürmektedir.

Çevreye yayılan yapay siyanür kaynaklarına ek olarak bir de, Amerika Birleşik Devletleri Orman Bakanlığı (USFS) tarafından orman yangınlarıyla mücadelede kullanılan ve topraklanmayı önleyici madde olarak demir siyanür içeren kimyasal geciktiricilerin geniş çaplı kullanımı bulunmaktadır. Birleşik Devletler'de her yıl, yaklaşık 400 ton demir siyanür türevleri içeren kimyasal geciktiricilerin milyonlarca litresi orman yangınlarıyla mücadelede kullanılmaktadır. Demir siyanür içeren bu kimyasalların su yaşamına olan toksik etkisi federal hükümet birimleri ve bilim insanları tarafından yapılan laboratuvar testleri ve çevre denetimleri ile belgelenmesine rağmen yine de bunların devam eden uygulamalarına göz yumulmaktadır.

Göçmen kuşlar ve diğer su kuşları ile ilgili olarak temel kaygı, bu hayvanların yüksek düzeyde siyanür içeren açık çözelti göletleri ve atık barajları ile olan temaslarıdır. Bu konu, özellikle Kuzey Amerika ve Avustralya'da son on yıllık dönemin başlarında önemli bir kaygı nedeniydi. Hükümet ve sanayi işbirliği sayesinde, bu kaygı ya atık havuzlarına bırakılan zayıf asitte çözünebilir (WAD) siyanür düzeylerinin azaltılması ya da daha küçük proses havuzlarının ağlarla veya yüzen toplarla kaplanması suretiyle ortadan kaldırılmıştır (Hagelstein ve Mudder, 1997b). Atık havuzlarına bırakılan çamurdaki WAD siyanür arıtma, geri kazanım ve yeniden kullanım suretiyle yok edilebilir. Atık havuzuna bırakılan çamurdaki 50 mg/l WAD siyanür düzeyi, hayvanları korumayı sağlayan bir standart olarak yaygın biçimde kullanılmaktadır. Uygulamada, WAD düzeyi, daimi doğal bir azalma olması nedeniyle çökme havuzunda 50 mg/l ye kadar düşürülmüştür.

1980'li yıllarda Arizona, Kaliforniya ve Nevada eyaletlerindeki madencilik faaliyetlerinde siyanür içeren çözeltilere maruz kalma sonucunda binlerce kuş ölümü ortaya çıkmıştır. Aynı dönemde milyonlarca göçmen kuş yasal olarak avcılar tarafından avlanmıştır. 1990'lı yılların ilk başlarına kadar, Nevada Madencilik

Kurulu verilerine göre, çözelti havuzlarının üzerinin fiziksel olarak kapatılması ve siyanür düzeylerindeki azalma nedeniyle kuş ölüm oranı maden başına 10'un altına düşmüştür. Buna mukabil, Birleşik Devletlerde her yıl bir milyonu aşkın kuş ölümünden evcil kedilerin sorumlu olduğu tahmin edilmektedir. Ayrıca her yıl yaklaşık 80 milyon kadar kuşun pencerelere çarpmak suretiyle öldüğü tahmin edilmektedir. Her yıl yaklaşık 60 milyon kadar kuş motorlu taşıtlara, bir milyon kadarı da binalara çarpmak suretiyle ölmektedir. Bir gecede birkaç bin adet kuşun büyükçe bir radyo antenine çarparak ölebileceği tahmin edilmektedir.

Siyanüre maruz kalma sonucu ortaya çıkan potansiyel ters etkilerden en çok zarar gören ekosistem bileşeni su yaşamıdır. Suda yaşayan organizmalar genellikle siyanürün zehirli etkilerine en duyarlı olanlardır ve bu siyanürden zarar görmemeleri hemen hemen imkansızdır. Su yaşamına maruz kalmayla ilgili birincil konu yüzey sularına yüksek siyanür içeren çözeltilerin serbest bırakılmasından kaynaklanmaktadır.

Genelde flotasyon reaktifleri olarak baz metallerin zenginleştirilmesinde bazen son derece düşük siyanür konsantrasyonları kullanıldığı için siyanürün yüksek ve akut toksik düzeyleri altın ve gümüş ekstraksiyonu ile ilişkilendirilir. Deşarj öncesi arıtılan atık çözeltilerin limitini aşması problem doğurmaz. Çevreye zararlı etkisi olmadan pek çok yıldır duyarlı su ekosistemlerine boşaltılan gümüş ve altın çalışmalarından kaynaklanan arıtılmış proses çözeltilerinin mükemmel örnekleri vardır.

4. KİMYA, ANALİZ VE ARITMA

Altın ve gümüş ekstraksiyonu ile ilgili olarak proses çözeltilerinde potansiyel olarak mevcut siyanür türleri bulunmaktadır. Cevher, su arıtma ve doğal bozundurma ile etkileşim sonucunda oluşan ekstra bileşikler siyanür ile ilişkilidir. Tarihsel olarak, en çok tartışılan siyanür formları serbest, zayıf asitte çözünebilir (WAD), toplam ve klorlanmaya bağlı tipleri içermektedir. Yıllardır, WAD Analitik Prosedürü endüstri ve yasal otoritelerce siyanürün "toksik olarak önemli" ve "ekolojik olarak duyarlı" şekillerinin ölçümünde endüstri ve yasal otoritelerce kabul edilmiştir. WAD analitik prosedürü siyanürün serbest ve zayıf kompleks şekillerini ölçmektedir. WAD siyanür değerinin toplam siyanür değerinden

çıkartılması mevcut toksik olmayan ve kararlı yapıdaki demir siyanür düzeyi için ölçüm sağlamaktadır. Doğru bir şekilde uygulanırsa, toplam ve WAD siyanür prosedürleri tarafından sağlanan sonuçlar güvenilir ve anlamlı olup, toplam ve WAD siyanür prosedürü uygunluk ve izleme amaçları için kullanılabilir güvenilir ve anlamlı sonuçları sağlar. Bu yöntemlerin duyarlılığı insanlar ve çevre için zararlı olabilecek siyanür formlarını ve düzeylerini belirlemek için yeterlidir.

Bu analitik yöntemler çevresel etkilerin olacağı sınırlarda siyanürü belirlemeye yönelik kapasiteleri genişletildiğinde problemler ortaya çıkmaktadır. Güvenilmeyecek derecedeki düşük siyanür değerlerinin önemi bulunmamaktadır.

halinde kullanılan bu prosesler her ikisinde de atık sudan çevreyi etkin biçimde koruma kapasitesine sahip bulunmaktadır. Genelde, günümüzde siyanürü yok etmek için halihazırda kullanılan dört kimyasal oksidasyon teknolojisi bulunmaktadır (Botz ve Mudder, 2000; Akcil ve Mudder, 2003; Botz vd., 2004). Tablo 2’de özetlenen teknolojiler, diğerlerinin yanı sıra bakır katalizli hidrojen peroksit, Caro asidi, sülfür dioksit/hava prosesi ve alkalın ya da klorlamayı içerir.

Bu süreçler yıllardır dünyanın her yerinde tam ölçekli uygulamalarda kullanılmaktadır. Mevcut kimyasal oksidasyon tekniklerinden bir tanesi ile temin edilenden daha yüksek miktar atık su gerekli bulunacak olursa, granül halindeki aktif

Çizelge 2. Siyanür Arıtma Proseslerini Seçmek İçin Başlangıç Rehberi

Arıtma Prosesi	Demir siyanür uzaklaştırma	WAD siyanür uzaklaştırma	Çamur uygulaması	Çözelti uygulaması
SO ₂ /Hava	✓	✓	✓	✓
Hidrojen peroksit	✓	✓		✓
Caro asidi		✓	✓	
Alkali klorlama	✓	✓		✓
Demir çökeltme	✓	✓	✓	✓
Aktif karbon	✓	✓		✓
Biyolojik	✓	✓		✓
Siyanür geri kazanımı		✓	✓	✓
Doğal arıtım	✓	✓	✓	✓

İnsanları ve çevreyi korumak için, standartların işleme konmasıyla makul düzeyde koruma sağlanabilecek ve böylelikle yalnızca amaçlanan kullanım tarzları değil, yüzey ve yer suları için de ileri düzeyde onaylı ve geçerli yöntemler sayesinde analizleri uygun olabilecektir. En uygun analitik siyanür prosedürü ve uygulanabilirliğine ilişkin sanayi, ticari laboratuvarlar ve hükümet birimleri arasında bir uzlaşmaya ihtiyaç vardır.

Ölçülebilir etkilerinin olmadığı bir noktada analizinden ortaya çıkan problemleri anlamak için siyanür verilerinin yorumlanmasının güçlendirilmesi gerekmektedir. İnsanlar ve çevrenin hem ölçülebilir hem de koruyucu WAD limitleri için uygun kriterler ve standartlar belirlenebilir.

Dünyanın her yerinde bir çok madencilik çalışmalarında kullanılmakta olan siyanür ve siyanür bileşiklerini yok etmek için sağlam ve güvenilir kimyasal, fiziksel ve biyolojik teknolojiler bulunmaktadır. İster tek başına, ister bir bütün

karbon cilalama işlemi olarak geliştirilmiş bir yöntem olarak kullanılabilir. Siyanür çeşitli aerobik ve anaerobik biyolojik işleme teknikleri kullanmak suretiyle pasif ve aktif olarak başarıyla arıtılmıştır. Siyanür bozundurmaya alternatif unsur olarak siyanür geri kazanımı da dünyanın her yerinde madencilik çalışmalarında uygulanmaktadır. Bu şekilde, metalurjik proseste geri kazanım ve yeniden kullanmak suretiyle WAD siyanürün yaklaşık %90’ı geri dönüştürülebilir. Mevcut birçok çevresel avantajın yanında taşıma risklerini azaltan ve atık göletlerinin altında yer alan yeraltı suyu kirlilik potansiyelini düşüren belirli çevresel avantajlar da vardır.

Bu süreçler siyanür içeren çözeltilerin hiç durmaksızın güvenli biçimde çevreye bırakılabileceğini ve arıtılabileceğini göstermiştir. Arıtma tesisleri kullanımı ve yöresel ve operasyonel su dengesini sağlamak için atık suların deşarjı, ekstrem iklim şartları altında arıtma olmaksızın “sıfır su dengesi” sağlamaya çalışılmasına tercih edilir. Bu yüzden madencilğin

geliştirme ve tasarım aşamalarında çözeltilerin güven içinde işlenerek tekrar çevreye bırakılması teşvik edilmeli, kullanımı yaygınlaştırılmalıdır. Altın ve gümüş kazanım faaliyetlerinde ortaya çıkan önemli çevre kazalarının pek çoğu yüksek düzeyde siyanür içeren atık çözeltilerin ve çamurların dikkatsiz bir biçimde çevredeki yüzey sularına bırakılmasından kaynaklanmaktadır. Siyanürün bu şekilde bırakılmasının önemli sonucu sudaki yaşama akut ve kısa süreli zehirleyici etkilerinin olmasıdır.

Siyanürün toksisitesi, artırılması, kimyası, analizi, çevrenin geleceği ile ilgili bilimsel bilgi son 20 yıl içinde oldukça artmıştır (Smith ve Mudder, 1991; T.W. Higgs Associates Ltd, 1992; Mudder, 1998; Smith ve Mudder, 1998; Botz ve Mudder, 2003). Siyanürün insanlar için zehirli olması ve çevre üzerinde zararlı etkileri bulunmasına rağmen siyanür ve siyanür bileşikleriyle ilgili bilgi birikimi, siyanürü güvenli bir biçimde kullanmak için yeterlidir. Ne yazık ki şu ana kadar insan hatalarından kaynaklanan kazalar olmuştur ve düzensiz bir biçimde olmaya devam edecektir. Siyanür ve madencilikten kaynaklanan çevre etkilerini sınırlamanın anahtarı, sebep ve kaynakları algılamaktan öte, bizzat bu konuda yoğunlaşmaktan geçmektedir.

5. ÇEVRESEL KAZALAR VE MADENCİLİK

Madencilikten doğan çevresel kazalar, içinde bulunsun bulunmasın çoğu zaman siyanür ile ilişkilendirilir. Bu durum madencilik ve siyanürün eş anlamlı veya madencilğe olumsuz bir bakış açısı gösteren algılamadan ortaya çıkar.

Siyanür kaynaklı çevresel etkiler genelde uzun vadeli değildir. Siyanürün etkileri genellikle 1-2 saatle 1-2 gün sürecek şekilde kısa sürelidir. Aksine, madencilik sahalarındaki uzun vadeli çevresel etkiler genellikle, yüzey sularının içinde ve etrafında çökeldiklerinde oksidasyon ile ve metal içeren asidik drenajın yavaş salımına yatkın atık çamurların bırakılması ile ilintilidir. Uzun vadeli çevresel kaygılar çoğu zaman madencilik firmalarının ekonomik gücü ve istikrarı ile ilgili ekonomik sorunlara dönüşebilir.

Siyanür yönetiminde dünya çapında bir yasa oluşturmakla ilgili olarak bir çalışmaya başlamak için madencilikle ilgili başlıca çevresel kazaların altında yatan nedenlerin gözden

geçirilmesi uygundur. Dünya çapında son otuz yıllık dönem boyunca her türlü madencilik faaliyetinden kaynaklanan bilgiler özet olarak Tablo 3'te verilmektedir. Tablo 3'teki bilgiler çeşitli yayınlardan alınmıştır (USCOLD, 1994; UNEP, 1996). Bu gözden geçirme kapsamlı olarak planlanmamıştır ve farklı uluslardaki bu tür kazaları rapor etmedeki farklılıklar nedeniyle biraz yüzeysel kalmıştır. Burada önemli bir kaza dendiği zaman anlaşılması gereken, insanlara ve ekolojik sistemlere, özellikle de sudaki yaşama etkisi olan atık çamurun veya çözeltinin salımını içeren durumlardır.

Belirtildiği gibi, son 29 yıllık süre içinde yaklaşık yılda bir kaza olmak üzere toplam 30 adet kaza meydana gelmiş ve bu olaylar küçük, orta ve büyük çaplı madencilik şirketlerinde gerçekleşmiştir. Şekil 4'te gösterildiği gibi, kazalar dünyanın her tarafında meydana gelmiş olup taşıma esnasında yaşanan kazalar, boru arızaları, atık barajları ile ilgili nedenler ve taşıma kazalarını içermektedir.

Çevre kazalarının çoğunluğunu oluşturan atık barajları ile ilintili nedenler, deprem ve tasarım eksiklerine bağlı aşırı yüklenme ve jeoteknik kusurlardan kaynaklanmaktadır. Bu olaylarla ilgili bilgiler, siyanürün salımının herhangi bir insan kaybıyla doğrudan bağlantısı olmadığı yönündedir. İnsan kayıplarının, evlerin sellerle yıkılması gibi, atıkların fiziksel etkisiyle ilintili tahribatlardan olduğu anlaşılmaktadır. Siyanürün önemli çevre etkileri su yaşamındaki ölümlere ve yaralanmalara yol açan kısa dönemli etkiler olarak düşünülmektedir.

Altın ve gümüş madenciliği ile ilgili çevre kazalarının detaylı bir analizi Şekil 5'te verilmiştir. Tüm madencilikle bağlantılı çevre kazalarındaki gibi, su yönetimi veya atık barajlarının mühendislik yönüyle ilgili olan temel nedenlerle dünyanın her yerinde bu kazalar olabilmektedir. Taşımacılıkla ilgili kazaların yüzdesi genelde altın ve gümüş kazanım faaliyetlerinde madencilikten biraz daha fazladır. Her iki taşıma ile ilgili olaylarda siyanür peletlerini madencilik alanlarına getirmede geleneksel olmayan yöntemler kullanılmıştır.

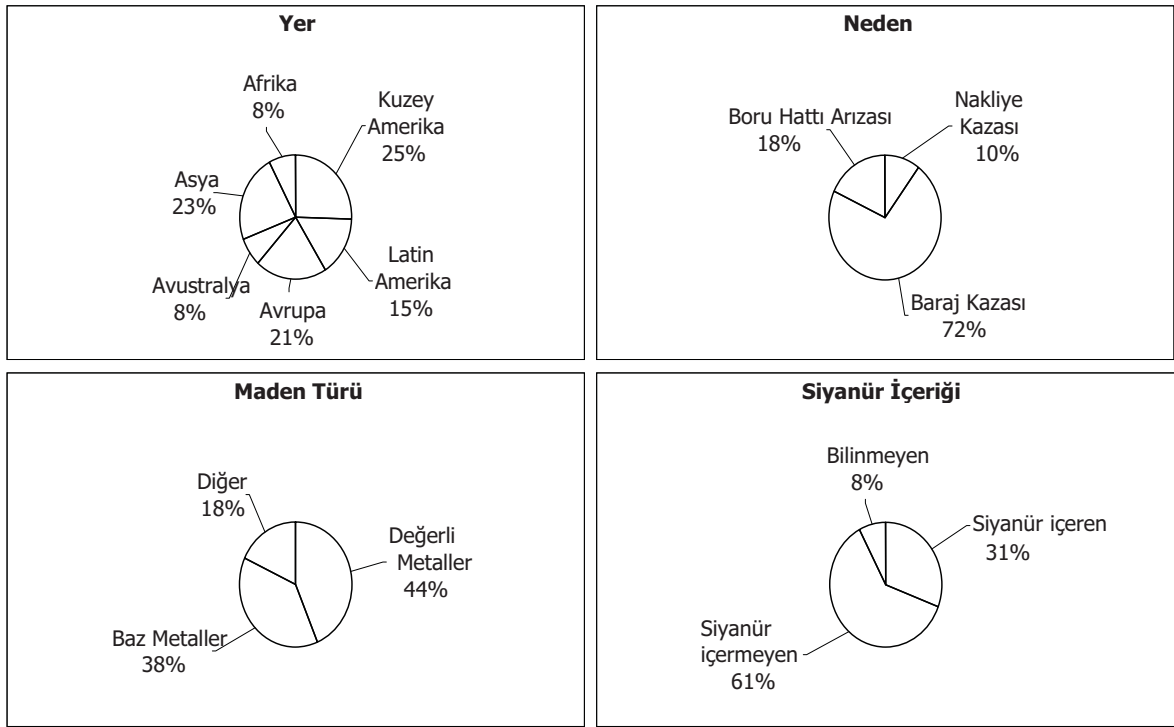
Bir sonraki bölümde belirtildiği gibi, dünyanın her yerinde siyanür için mevcut bulunan çok sayıda uygulama kurallarına ve yönetim planlarına sıkı bir biçimde uyulması kazaların büyük bir bölümünü azaltabilir.

Çizelge 3. 1975'den Bu Yana Gerçekleşen Çevre Bağlantılı Madencilik Kazalarının Kronolijisi

Yıl	Yer	Neden	Çalışma türü	Açıklama	Siyanür?	
					Var	Yok
1975	USA	Baraj Kazası	Kurşun/Çinko	Yayılma boyutu: 150,000m ³ İnsan ölümleri: 0		✓
1976	Yugoslavya	Baraj Kazası	Kurşun/Çinko	Yayılma boyutu: 300,000m ³ İnsan ölümleri: 0		✓
1977	USA	Boru Hattı Bozukluğu	Uranyum	Yayılma boyutu: 30,000m ³ İnsan ölümleri: 0		✓
1978	Japonya	Baraj Kazası	Altın	Yayılma boyutu: 80,000m ³ İnsan ölümleri: 1	Bilgi yok	
1978	Zimbabve	Baraj Kazası	Altın	Yayılma boyutu: 30,000t İnsan ölümleri: 1	Bilgi yok	
1980	USA	Baraj Kazası	Bakır	Yayılma boyutu: 2,000,000m ³ İnsan ölümleri: 0		✓
1982	Filipinler	Baraj Kazası	Bakır	Yayılma boyutu: 27,000,000m ³ İnsan ölümleri: 0		✓
1985	USA	Baraj Kazası	Altın	Yayılma boyutu: 25,000m ³ İnsan ölümleri: 0	Bilgi yok	
1985	Şili	Baraj Kazası	Bakır	Yayılma boyutu: 500,000m ³ İnsan ölümleri: 0		✓
1985	Şili	Baraj Kazası	Bakır	Yayılma boyutu: 280,000m ³ İnsan ölümleri: 0		✓
1985	USA	Baraj Kazası	Kum & Çakıl	Yayılma boyutu: 11,000m ³ İnsan ölümleri: 0		✓
1985	İtalya	Boru Hattı Bozukluğu	Florit	Yayılma boyutu: 200,000m ³ İnsan ölümleri: 268		✓
1986	Brezilya	Baraj Kazası	Demir	Yayılma boyutu: 100,000t İnsan ölümleri: 7		✓
1988	USA	Boru Hattı Bozukluğu	Kömür	Yayılma boyutu: 250,000m ³ İnsan ölümleri: 0		✓
1988	Çin	Baraj Kazası	Molibden	Yayılma boyutu: 700,000m ³ İnsan ölümleri: 20		✓
1991	USA	Baraj Kazası	Altın	Yayılma boyutu: 39,000m ³ İnsan ölümleri: 0	✓	
1992	Filipinler	Baraj Kazası	Bakır	Yayılma boyutu: 80,000,000t İnsan ölümleri: 0		✓
1994	Güney Afrika	Baraj Kazası	Altın	Yayılma boyutu: 600,000m ³ İnsan ölümleri: 17		✓
1995	Guyana	Baraj Kazası	Altın	Yayılma boyutu: 4,000,000m ³ İnsan ölümleri: 0	✓	

Çizelge 3. (Devamı)

Yıl	Yer	Neden	Çalışma türü	Açıklama		Siyanür?	
				Yayılma boyutu:	İnsan ölümleri:	Var	Yok
1995	Avustralya	Baraj Kazası	Altın	40,000m ³	0	✓	
1995	Avustralya	Baraj Kazası	Altın	5,000m ³	0	✓	
1995	Filipinler	Baraj Kazası	Altın	50,000m ³	12		✓
1996	Filipinler	Boru Hattı Bozukluğu	Bakır	1,500,000t	0		✓
1996	Bolivya	Baraj Kazası	Kurşun/Çinko / Gümüş	400,000t	0		✓
1997	USA	Baraj Kazası	Bakır	230,000m ³	0		✓
1998	Kırgızistan	Nakliye Kazası	Altın	1,800kg sodyum siyanür	0	✓	
1998	USA	Boru Hattı Bozukluğu	Altın	Birkaç ton	0		✓
1998	İspanya	Baraj Kazası	Kurşun/Çinko/ Bakır /Gümüş	5,000,000m ³	0		✓
1998	İspanya	Baraj Kazası	Fosfat	50,000m ³	0		✓
1999	Filipinler	Boru Hattı Bozukluğu	Altın	700,000t	0	✓	
2000	Romanya	Baraj Kazası	Altın	100,000m ³	0	✓	
2000	Romanya	Baraj Kazası	Baz Metaller	22,000m ³	0		✓
2000	Papua Yeni Gine	Nakliye Kazası	Altın	150kg sodyum siyanür	0	✓	
2000	USA	Baraj Kazası	Kömür	950,000m ³	0		✓
2000	İsveç	Baraj Kazası	Bakır	2,500,000m ³	0		✓
2001	Gana	Boru Hattı Bozukluğu	Altın	650m ³	0	✓	
2001	Çin	Nakliye Kazası	Altın	1lt sıvı siyanür	0	✓	
2002	Avustralya	Nakliye Kazası	Altın	400 lt sıvı siyanür	0	✓	
2003	Şili	Baraj Kazası	Bakır	50,000t	0		✓

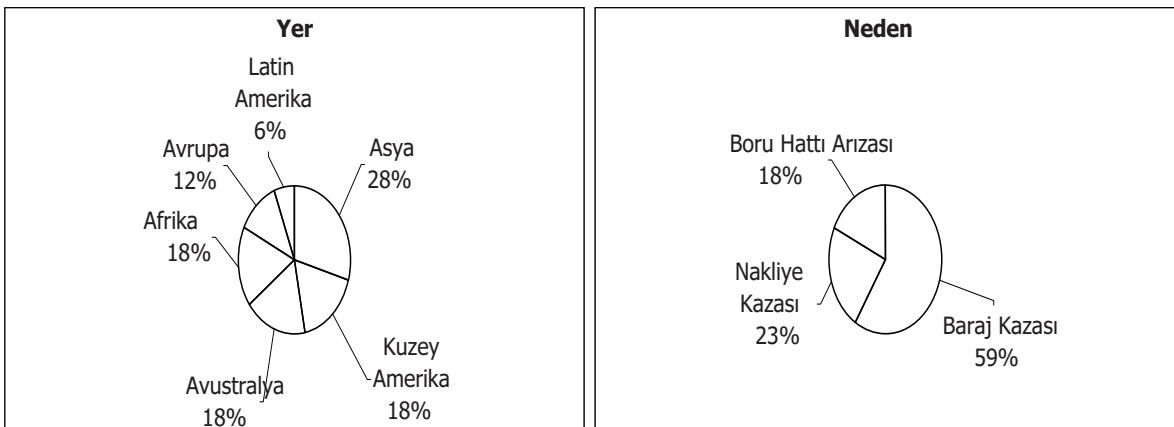


Şekil 4. 1975'den bu yana gerçekleşen çevre bağlantılı madencilik kazalarının özeti.

Bu çeşitli uygulama kuralları ve yönetim planları içerisinde değinilmemiş olan özel bir konu ise atık barajlarında izin verilen siyanür seviyeleridir. Atık barajlarındaki WAD siyanür seviyelerinin azaltılması su yaşamındaki kısa süreli etki riskini büyük ölçüde azaltmaktadır. Çevre etkileri ile ilgili olarak sudaki organizmalar ekolojik sistemin en çok etkilenen öğeleridir. Göletlere giren atık çamurlarının içinde mevcut WAD siyanür yüzdesinin 50 mg/l'den daha az bir düzeyi sadece doğal yaşamı korumakla kalmaz aynı zamanda istenmeden meydana gelen salımlar durumunda

çevreye kötü etkilerin riskini de azaltır.

İspanya, Guyana ve Romanya'daki atık barajlarındaki arızalarla ilgili en son çevresel kazaların karşılaştırılması bu konuda daha ayrıntılı bir görüş açısı sağlamaktadır. Çevreye ve insanlara kısa vadede ciddi, uzun vadede ise potansiyel etkileri olmakla birlikte İspanya'daki büyük baraj kazasında siyanür bulunmamaktaydı. Bu olayda büyük miktarda atık yığınları büyük nehir sistemine girmiştir. Romanya'da meydana gelen baraj kazasında ise içinde yüksek seviyede siyanür bulunan atıklar yine büyük



Şekil 5. 1975'den bu yana altın endüstrisinde gerçekleşen çevre bağlantılı madencilik kazalarının özeti.

bir nehir sistemine girerek yüzlerce kilometre ilerideki su yaşamına önemli zararlar vermiştir. Guyana'dakinin aksine yine büyük miktar atık birikintisi bu sefer küçük bir nehir sistemine girmiş ancak WAD siyanür seviyesinin düşüklüğünden kaynaklanan nedenle su yaşamına fazla etkisi olmamıştır.

Madencilikten kaynaklanan çevre kazalarıyla ilgili mevcut bilgilerden anlaşıldığı kadarıyla WAD siyanür seviyesinin deşarj öncesi 50mg/l altına düşürülmesiyle kısa süreli büyük etkiler riski ortadan kaldırılabılır. Bununla birlikte madencilikten kaynaklanan etkileri önemli ölçüde azaltmak için su yönetim uygulamaları ve atık baraj güvenliği konularına ağırlık verilmesi gerekmektedir.

6. YÖNETMELİK, YÖNETİM VE KURALLAR

Siyanür üretimi, taşınması, depolanması, kullanımı ve yok edilmesi dünya çapında birçok ülkede başarıyla yerine getirilmekte ve sıkı denetime tabi tutulmaktadır (E.I. du Pont de Nemours and Company, 1988; Degussa AG, 2000). Dünyanın her yerindeki ülkelerin insanların, büyükbaş hayvanların, yaban hayatının ve sudaki organizmaların siyanüre maruz kalmalarını sınırlandıran çok kesin sözel ve sayısal standartları ve kriterleri vardır. Pek çok ülkede bu standart ve düzenlemelerin bilerek ya da bilmeyerek çiğnenmesini önleyen çok ciddi yasal cezalar vardır.

Bununla birlikte siyanür kullanımıyla ilgili riskler mevcuttur ve kazalar olmaya devam edecektir. Aslına bakılacak olursa bütün ülkeler siyanürü aynı düzeyde denetlemez. Daha az denetlenen ülkelerde siyanürden kaynaklanan çevresel etkiler oluştuğunda, mevcut düzenlemelerin, standartların, nizamnamenin ve yönetim planlarının benimsenmesi, kabulü ve uygulanması çözüm olabilecek iken, bu olaylar bazen dünya çapında daha fazla kontrol ve yasanın gerekliliğini haklı çıkarmak amacıyla istismar edilmektedir.

Madenlerin ve metallerin çıkartılması altı kıtada faaliyet gösteren şirketlerle birlikte küresel bir sanayi olmuştur ve olmaya devam edecektir. Dünya çapında sürdürülebilir bir sanayi sağlamak için madencilik şirketleri; hükümetler, çevre kurumları ve diğer paydaşlar ve hissedarlarla

birlikte şeffaflık ve doğruluk unsurlarını birleştiren çevre korumaya yönelik tavır ve uygulama esaslarını kabul etmelidir.

Dünyadaki çoğu madencilik şirketi dahili ve harici hizmet içi eğitim ve denetim vasıtasıyla çevre izleme, denetleme, raporlama ve uygunluk programlarını sürekli güncellemekte ve geliştirmektedir. Halk tarafından gelen kaygılara cevaben madencilik firmaları, çevre misyonu, kılavuzu ve etik kuralları yayınlamıştır. Bununla birlikte çevreye yönelik riskler ve etkileri hiçbir yasa ve planlama tamamen ortadan kaldıramaz. Olası bir kaza için, sorumlu madencilik şirketleri ciddi acil eylem yordamları hazırlamışlardır.

Siyanür için dünyada geliştirilen hem genel hem de özel yönetim planı ve uygulama esasları bulunmaktadır. Bu kural ve yönetim planlarına sıkı sıkıya bağlılık esastır ve paydaşların ve hissedarların işbirliğini ve ittifakını gerektirmektedir. Değerli metal madenciliğinde siyanür yönetiminde bir uzlaşma sağlamak için bu deneyim ve uzmanlık çok çeşitli yeni bilimsel bilgilerle birleştirilebilir. (Rouse, 1988; U.S. Bureau of Land Management, 1991; Department of Mines and Energy, 1992; Duffield ve May, 1998; Logsdon vd., 1999).

7. SONUÇLAR

Dünyada önemli altın üretim işletmelerinin % 90'ı veya 450'si altın ve gümüş kazanımı için siyanürden yararlanmaktadır. Bu çok sayıdaki siyanür bağlantılı madencilik faaliyetlerine rağmen, bu faaliyetlerde son 30 yıldaki insan ölümlerinin madencilik ile ilintili başlıca çevresel olaylar sonrasındaki siyanür yüzünden olduğunu belgelenen bir durum yoktur. Madencilikle ilgili çevresel kazalar nedeniyle ortaya çıkan insan ölümlerinin yayımlanan tüm raporları, ölümlerin atık malzeme baskınlarının fiziksel bir sonucu olduğunu göstermektedir.

Madencilikle ilgili çevre kazalarının çoğunluğunun belli bir tür madencilik faaliyetiyle oluşmadığı, şirketin büyüklüğüne bağlı olarak gelişmediği ve herhangi bir coğrafi bölgede yoğunlaşmadığı açıktır. Dahası, çoğu önemli kazalar barajların taşması, yarılması, jeolojik kusur ya da deprem gibi olayların sonucunda ortaya çıkmaktadır. Madencilik işlemlerinde siyanürün yasaklanması çevresel etkilerin risklerini yok etmeyecektir.

Başlıca siyanür olaylarının diğer iki önemli nedeni, siyanürün taşınmasındaki boru hattı yırtılmaları ve nakliye kazalarını içermektedir.

Çeşitli siyanür işlemleri ve geri kazanım teknolojileri, madencilik çözeltilerindeki siyanür seviyelerinin güvenilir şekilde kontrol edildiğini büyük ölçüde göstermektedir. Bu teknolojilerin uygun kullanılması ile ciddi çevresel kazalar azaltılırken doğal yaşamı koruma seviyelerinde atık siyanür konsantrasyonları elde edilebilir. Yazılı siyanür yönetim planının geliştirilmesi, 50 mg/l'nin altında sınırlandırılan seviyelerde muhafaza edilen WAD siyanür standardının benimsenmesi göz önüne alınmalıdır. WAD siyanür seviyelerinin düşürülmesi ile birlikte, baraj tasarımının yeniden incelenmesi ve su yönetim uygulamaları da yapılmalıdır. Siyanür yönetiminin ana bakış açısı; siyanürün bölgeye taşınması, proses çözeltilerinin nakliyesi, işçi sağlığı ve güvenlik eğitimleri, su yönetimi ve arıtımı, acil durum hazırlığı, iş yeri, çevre denetimi ve toplum ilişkilerini içermektedir. Eğer siyanür yönetiminin bu bakış açıları genel siyanür yönetim planına katılırsa potansiyel kazalar ve risklerde önemli ölçüde düşüşler elde edilecektir.

KAYNAKLAR

Akcil, A. ve Mudder, T., 2003; "Microbial destruction of cyanide wastes in gold mining: Process review", *Biotechnology Letters*, **25**, 445-450.

Botz, M. ve Mudder, T., 2000; "Modeling of natural cyanide attenuation in tailings impoundments", *Journal of Minerals and Metallurgical Processing*, 228-233.

Botz, M. ve Mudder, T., 2003; "Assessing risks in mineral processing and water treatment", *Mining Environmental Management*, Mining Journal Books Ltd., London, 9-11.

Botz, M., Mudder, T., Akcil, A., 2004; "Cyanide treatment: physical, chemical and biological processes", Chapter 6.2.1 in *Advances in Gold Ore Processing*, ed. M. Adams. Elsevier Ltd., Amsterdam, (in press).

Chemical Market Reporter, 1998; *Weekly Magazine*, November 23.

Chemical Market Reporter, 1999; *Weekly Magazine*, February 15.

Degussa AG, 2000; *Sodium cyanide, potassium cyanide – Properties, Reactions, Handling*.

Department of Mines and Energy, 1992; "Cyanide Management Guideline (Booklet)", Mining Engineering Division, July, Perth, Western Australia.

Duffield, J. ve May, P., 1998; "Cyanide management, Best Practice Environmental Management in Mining Series (Booklet)", June, Environment Australia and Department of the Environment.

E.I. du Pont de Nemours and Company, 1998; *Sodium Cyanide – Properties, Uses, Storage and Handling*.

Eisler, R., 1991; "Cyanide hazards to fish, wildlife, and invertebrates: a synoptic review", *Biological Report 85(1.23)*, December, Contaminant

Hazard Reviews Report 23, U.S. Department of Interior, Fish and Wildlife Service.

General Accounting Office (GAO), 1991; "Increased attention being given to cyanide operations", Report to the Chairman, Subcommittee on Mining and Natural Resources, June, Committee on Interior and Insular Affairs, U.S. House of Representatives.

Hagelstein, K. ve Mudder, T., 1997a; "Strategies and standards for control of bird mortality at mining operations", *Proceedings of the ACMRR Short Course and Workshop on Management of Cyanide in Mining*, Sponsored by the Australian Center for Minesite Rehabilitation Research, Environment Australia and North Limited, Perth, Western Australia, April.

Hagelstein, K. ve Mudder, T., 1997b; "The Ecotoxicological Properties of Cyanide", *Proceedings of the ACMRR Short Course and Workshop on Management of Cyanide in Mining*, Sponsored by the Australian Center for Minesite Rehabilitation Research, Environment Australia, and North Limited, Perth, Western Australia, April.

Kahn, M., 2003; "The death toll from natural disasters: the role of income, geography, and

institutions”, Tufts University and Stanford University, September.

Logsdon, M., Hagelstein, K. ve Mudder, T., 1999; “The management of cyanide in gold extraction (Booklet)”, International Council on Metals and the Environment, Ottawa, Ontario, Canada.

Mason, K.A., 1997; “Cyanide – myths, misconceptions and management”, New Zealand Minerals&Mining Conference, November.

Mining Journal, 1996; Mining Journal Limited, London, Supplement, October 4, pp. 24-29.

Mining Magazine, 2000; Mining activity survey. January, Mining Journal Limited, London, 25-32.

Mudder, T., 1998; “The cyanide monograph”, Mining Journal Books, London, England.
Mudder, T. ve Smith, A., 1994; “An environmental perspective on cyanide”, Mining World News, October, **6(9)**.

Oparin, A., 1957; “The Origin of Life”, 3rd Edition, Academic Press, New York.

Paschka, M., Ghosh, R., Dzombak, D., 1999; “Potential water-quality effects from iron cyanide anticaking agents in road salt”, Water Environment Research, **71(6)**.

Rawls, R., 1997; “Earth’s first organics”, Chemical Engineering News, December 1, American Chemical Society, 20-22.

Rouse, B., 1988; “Code of practice for the use of cyanide in mines and quarries (Booklet)”, Operations Division, Ministry of Energy, Wellington, New Zealand.

Smith, A. ve Mudder, T., 1991; “The Chemistry and treatment of cyanidation wastes”, Mining Journal Books Limited, London, England.

Smith, A. ve Mudder, T., 1998; “The Environmental geochemistry of cyanide”, The Environmental Geochemistry of Mineral Deposits, Chapter 11, Edited by G. Plumlee and M. Logsdon, Reviews in Economic Geology, Part A: Process, Techniques, and Health Issues, Vol. 6A, 229-248.

T.W. Higgs Associates Ltd, 1992; “Technical

guide for the environmental management of cyanide in mining”, British Columbia Technical and Research Committee on Reclamation, Cyanide Sub-Committee, Vancouver, British Columbia, Canada.

The Gold Institute, Uses of gold. 2000, Washington D.C.

The Salt Institute (<http://www.saltinstitute.org/30.html>), 2000; “Highway deicing and anti-icing for safety and mobility”, Alexandria, Virginia.

Towill, L., Drury, J., Whitfield, B., Lewis, E., Galyan, E., Hammons, A., 1978; “Reviews of the environmental effects of pollutants: V. Cyanide”, U.S. Oak Ridge National Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency Health Effects Research Lab, EPA-600/1-78-027.

U.S. Bureau of Land Management, 1991; “Nevada Cyanide Management Plan”, August 22.

U.S. Coast Guard (USCG), 2003; “Summary of pollution incidents in and around U.S. Waters”, August.

U.S. Committee on Large Dams (USCOLD), 1994; “Tailings dam incidents”, November.

U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), 2001; “Toxics release inventory (TRI)”.

United Nations Environment Programme (UNEP), 1996; “Environmental and safety incidents concerning tailings dams at mines”, Mining Journal Research Services, London, England.

ÖNERİLEN KAYNAKLAR

Ballantyne, B. ve Marrs, T.C., 1987; “Clinical and experimental toxicology of cyanides”, IOP Publishing Limited, Bristol, United Kingdom.

Chamber of Mines of South Africa, 2001; “Guideline on cyanide management for gold mining”, June, Revision 0.

Doudoroff, P., 1979; “A critical review of recent literature on toxicity of cyanides to fish”, EPA/600-3-79-009.

Doudoroff, P., 1976; "Toxicity of fish to cyanides and related compounds – a review", U.S. Environmental Protection Agency, EPA-600/3-3-76-038.

Evered, R. ve Harnett, S. 1988; "Cyanide compounds in biology", John Wiley and Sons, , London, England.

Fiskel, J., Cooper, C., Eschenroeder, A., Goyer, M., Perwak, J., Scow, K., Thomas, R., Tucker, W., Wood, M., 1981; "An exposure and risk assessment document for cyanide", U.S. Environmental Protection Agency, December, Office of Water Regulations and Standards (WH-553), EPA-440/4-85-008.

Flynn, C. ve McGill, S., 1996; "Cyanide chemistry: precious metals processing and waste treatment", U.S. Bureau of Mines, U.S. Department of the Interior, Information Circular 9429, NTIS Publication PB-117841.

Hawley, G., 1971; "The condensed chemical dictionary", 8th Edition, Van Nostrand Reinhold Publishing Company, New York.

Hogue, C., 2000; "Chemical Spill 911", Chemical and engineering news, April 3, American Chemical Society.

Indiana Clean Manufacturing Technology and Safe Materials Institute (CMTI), 1996; "The Indiana Relative Chemical Hazard Score (IRCH)", Project No. NP99, Purdue University and U.S. Environmental Protection Agency Region V.

Johnson, W. ve Leder, A., 1996; CEH Report – Hydrogen Cyanide, SRI Consulting, Chemical Economics Handbook Program, Menlo Park, California.

Kirk-Othmer, 1965; "Encyclopedia of Chemical Technology", 2nd Edition, Volume 6, Interscience Publishers, New York.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 1976; "Occupational Exposure to Hydrogen Cyanide and Cyanide Salts", October, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Public Health Service, Center for Disease Control, NIOSH Publication No. 77-108.

Research Triangle Park, 1995; "Toxicological profile for cyanide", U.S. Department of Health and Human Services Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), Contact No. 205-93-0606.

www.the-innovation-group.com/ChemProfiles/Hydrogen%20cyanide.htm, Internet site providing information on the production and sale of cyanide worldwide.

www.ame.com.au/guest/au/cost.htm, Internet site providing information of the production of gold worldwide.

www.cyantists.com, Internet site providing a wide range of information on the analysis, chemistry, toxicity, environmental fate, treatment, and management of cyanide.

www.forester.net/sw_0107_environmental.html, Internet site providing information on the impacts of road salt.

www.icdi.wvu.edu, Internet site sponsored by the International Center for Disability Information containing statistical information on major causes of mortality worldwide.

www.ilo.org, Internet site maintain by the International Labor Organization containing global statistics on occupational and other causes of mortality.

www.nevadaminig.org/news/features/fs_1041408000.html, Internet site providing environmental information on wildlife mortalities at mining operations using cyanide.

www.nutrition.uu.se/studentsprojects/konzo/wer.html, Internet site providing background information on the production of natural cyanide from cassava.

www.saltinstitute.org/pubstat/ffcpda.html, Internet site providing information of the worldwide production and use of salt.

www.wbu.com/chipperwoods/photos/threats.htm, Internet site providing general statistical information of the various causes of bird mortality.