

## Madencilikte Sıfır Atıklı Üretim

A.İ. Arol

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Ankara

**ÖZET:** "Sıfır atık" son yıllarda önem kazanan kavramlardan biridir ve dünya çapında giderek yaygınlaşmaktadır. Bu yazıda, bu kavramın tanımı ve kapsamı verilmekte, madencilik ve ilgili faaliyet alanlarında sıfır atıklı üretim teknolojilerine ilişkin örnekler sunulmaktadır.

**ABSTRACT:** "Zero waste" has become an important concept in the recent years and spreading rapidly worldwide. In this article, the definition and the scope of this concept is given along with some examples of zero waste technologies in the mining and related industries.

### 1.GİRİŞ

Son yıllarda gelişen çevre bilinci atık üretimi konusunda yeni kavram ve eğilimleri beraberinde getirmiştir. Bu bağlamda "sıfır atık" (zero waste) birçok ülkede ve birçok ticari veya ticari olmayan kurumda ciddi bir şekilde ele alınmakta; bu ülke ve kurumlarda belli bir zaman sonra sıfır atıklı üretim teknolojilerine geçilmesi öngörülmektedir (Pauli, 1997; Liss, 2000; Anoa, 2003(1); Anon., 2005). Şimdilik, sıfır atık kavramı daha çok evsel, kentsel ve sanayi atıklar için öne sürülmektedir. Ancak, madencilik ve çevre ilişkisinde son yıllarda yaşanan olaylar, sıfır atık ilkesinin madencilikte de hızla gündeme geleceğini göstermektedir. Tuzlu yeraltı sularından sıfır atıkla tuz üretimi gerçekleştiren Avustralya (Butler, 2004), 2020 itibarı ile madencilikte sıfır atığa ulaşma hedefini şimdiden açıklamıştır (Anon., 2000). ABD'nin Illinois Eyaletinde bulunan yüksek kükürtlü kömürlerin sıfır atık ilkesi doğrultusunda işletilmesi projesi başlatılmıştır (Anon., 2002).

"Sıfır atık" kavramı esasında "sürdürülebilir kalkınma" ve "temiz üretim" kavramlarının bir uzantısıdır. Bir "vizyon" ifadesi ve dolayısıyla varılmak istenen hedefdir. Üretim ve tüketimde var olan "doğrusal" düşünme kalıplarını terkedip, "çevrimsel" düşünmeye geçişi öneren bir yaklaşımdır. Atık üretimini öngören "atık yönetimi"nden atık üretimini azaltan veya önleyen "kaynak yönetimi"ne öne çıkarılır. Sıfır atık, ilk önce bir sivil toplum girişimi olarak başlatılmış, daha sonra birçok ülke ve kurum tarafından benimsenerek yayılmıştır. Birleşmiş Milletler ve Avrupa Birliği

gibi uluslararası kurumların girişim ve mevzuatlarında da benzer girişimler mevcuttur. UNEP tarafından sürdürülebilir kalkınma temelinde kabul edilen 3R (*reduce, reuse ve recycle*) girişimi de esas itibarı ile sıfır atık'ı hedefler. Son yıllarda bunlara dördüncü R (*repair*) de eklenmiştir. Bu girişim kapsamında, ürün tasarımı ve üretim sırasında, kaynak tasarrufunu, geri dönüşümü, uzun ürün ömrünü ve çevre kirliliğinde üretici sorumluluğunu öne çıkaran yaklaşımlar yer almaktadır. 3R (veya 4R) girişiminin başarılı bir şekilde yürütülebilmesi için yasalar, düzenlemeler, tüzük ve yönetmelikleri kapsayan *yönetişim, eğitim ve bilinçlendirme*, atığı en aza indirecek *teknolojilerin* uygulanması ve bu doğrultuda adım atılması için vergi ve teşvikleri içeren *finalisai* düzenlemelerin yapılmasının gerekli olduğu vurgulanmaktadır (Anon, 2004(1)). Avrupa Birliği bünyesinde oluşturulmakta olan *sürdürülebilir kaynak yönetimi* kapsamında da 3R girişimine benzer yaklaşım ve yaptırımlar mevcuttur. Mühendislik standartlarının gözden geçirilmesi, yeni ürünlerde geri dönüşüm malzemelerine kota konulması, doğal kaynak malzemelerini ilk kullanma vergisi, AR-GE çalışmaları gibi teşvik edici yasal ve finansal düzenlemeye gidilmesi vb uygulamalar öngörülmektedir (Bringezu, 2002). Avrupa Komisyonu tarafından oluşturulan "Madencilik Faaliyetlerinde Artık ve Atık Kayaların Yönetimi için Mevcut En İyi Yöntemler" (Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste Rock in Mining Activities) çalışması da bu yönde atılmış önemli adımlardan biridir (Anon., 2004(2)).

## 2. MADECİLİKTE "ARTIK" VE ATIK

Kavram kargaşasını önlemek amacıyla madencilikte sıkça ve zaman zaman birbirini yerine kullanılan ve "artık" ve "atık" kavramlarının açıkça tanımlanması gerekmektedir. Bu makalenin yazarına göre:

**Artık:** Bir başlangıç malzemesinden, yararlanılmak istenen bölüm alındıktan sonra o malzemeden arda kalan bölüm artık olarak tanımlanmalıdır. Bu tanımlamaya göre, bir mermer bloğundan alınan plakalar dışındaki düzensiz parçalar, bir kömür yıkama tesisinde batan şist, bir flotasyon tesisindeki değersiz minerallerin toplandığı ürün (tailings), altın liç tesisindeki altını alınmış çamur, vb malzemeler artık sınıfına girmektedir. Kısaca, geleneksel olarak, herhangi bir madencilik faaliyeti sırasında o faaliyet için satılabilir nitelik taşıyan ürünlerin dışındaki herşey ilk önce bir artıktır.

**Atık:** Bir faaliyet sonrası, çevreyi, fiziksel, kimyasal, biyolojik veya görsel olarak kirlenme potansiyeline sahip ve/veya buldukları yerde gözlem, ölçüm, denetim ve elleçleme amacıyla sürekli harcama gerektiren arazi ve yapılar, katı, sıvı veya gaz halinde bulunan maddeler atık olarak tanımlanmalıdır. Buna göre, işletilmiş ve hiçbir arazi (ocak) İslahı yapılmadan terk edilmiş madenler, madenden veya cevher hazırlama tesislerinden çıkan ve gelişigüzel dağılmış veya yığılmış hertür katı, denetimsiz olarak dere yataklarına akıtılan artık sıvı ve çamurlar, atık havuzlarında sürekli gözlem ve denetim altında tutulması gereken sıvı ve çamurlar, havaya salınan gazlar ve gereksiz yere harcanan enerji atık olarak nitelendirilmelidir. Zira, söz konusu bu atıklar için toplum (işletmeci) ek bir bedel ödemiştir veya ödemektir veya ödeyecektir.

## 3. MADENCİLİKTE "SIFIRATIK" UYGULAMALARI

Kabul etmek gerekir ki madencilik en çok atık üreten sektörlerden biridir. Ancak, üretilen atıkların büyük bir çoğunluğu doğal malzeme ve hatta hammadde niteliğindedir. Bu nedenle, gerekli düşünce dönüşümü sağlandığı takdirde bugün atık olarak nitelenebilecek birçok malzeme çevresel kirlilik yaratmadan, toplumsal ve ekonomik yarar sağlar hale getirilebilir. Diğer taraftan, çevresel kirliliğin maliyeti şirket bilançolarına henüz yeterince yansımamıştır. Kirlenen öder (hatta atan veya bozan öder) ilkesinin bütün boyutları ile işlerlik

kazandığı bir ortamda, madencilik yapan şirketler, atık üretimini önlemek için çaba göstermeye ve giderek sıfır atıklı üretime zorlanacaktır. Esasında madencilikte bu yöndeki çalışmalar uzun bir süredir yapılmaktadır. Madencilikte yaratılan atık ve bozulan arazinin doğaya geri kazandırılması (reclamation) sıfır atık ilkesine göre yapılan bir uygulama olarak görülebilir.

Sıfır atıklı üretim gerçekleştirilmesi için herşeyden önce üretici firmanın, yöre halkının, evrensel, ülkesel ve yerel kurumların eşgüdüm içinde olması gerekir. Atık azaltmaya yönelik yeni üretim teknolojileri ve madencilik artıkları için yeni kullanım alanları bulunmalıdır. Son yıllarda bu yönde önemli çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalardan derlenen birkaç örnek aşağıda özetlenmiştir.

### 3. i. Üretim Teknolojisi Seçimi ile Atıkların Azaltılması

Hem madencilik hem de cevher zenginleştirme sırasında seçilen üretim yöntemi atık üretimini önemli ölçüde azaltabilir. Örneğin, açık ocak yerine yeraltı maden işletme yönteminin seçilmesiyle açık ocak maden işletmeciliğinden kaynaklanabilecek arazi bozulması vb sorunlar çözülebilir. Seçimli madencilik yaparak atık üretimi azaltılabileceği gibi, cevher zenginleştirme artıklarının yeraltı boşluklarında dolgu malzemesi olarak kullanılması ve çıkarıldıkları yere geri konmasıyla atık sorunu kısmen çözülebilir. Maden yataklarının ve üretim yöntemlerinin daha ayrıntılı modellemesine olanak sağlayan bilgisayar teknolojileri, madenlerde robot kullanımı veya uzaktan kontrol yöntemleri bu yönde yardımcı olabilir. Kırma, eleme ve elleçleme sırasında tozlanmayı önleyici ve/veya toz tutucu yöntemlerin kullanılmasının hem çevresel kirliliği önlediği, hem de daha önce atık olarak havaya savrulan toz içindeki değerlerin kazanılmasını sağladığı bilinmektedir. Bu amaçla, geleneksel siklon ve torbalı toz tutucuların yanında elektrostatik toz tutucuların çimento, termik santral ve kuru çalışan cevher zenginleştirme tesislerindeki kullanımları hızla artmaktadır. Proses değişkenlerinin ayarlanması veya girdilerinde yapılan değişikliklerle kayıp ve kaçakların azaltılabileceği de belirtilmelidir (Başdağ ve Arol, 1998).

Teknolojik değişim ve yenilikler bazen küçük ilaveler şeklinde olduğu gibi bazen de köktenci dönüşümleri de gerektirebilir. Örneğin, günümüzde

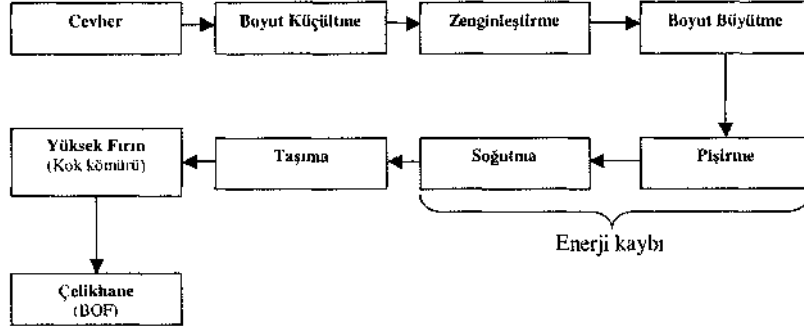
demir cevherinden demir üretimi iki ana yöntemle yapılmaktadır: Entegre yüksek firm pik demir üretimi ve sünger demir üretimi. Düşük tenörlü demir cevherlerinden bu iki yöntemle göre demir üretimi akım şemaları Şekil 1 ve 2'de verilmektedir. Her iki yöntemle de cevherden demir üretimi yapabilmek için indirgeme fırınlarına beslemek üzere pelet üretilmesi ve bu üretim sırasında belli oranda enerji tüketilmesi gerekmektedir. Yeni geliştirilmekte olan "demir külçe" (iron nugget) teknolojisine göre ise, Şekil 3, peletlerin pişirilmesi, indirgenmesi ve ergitilmesi aynı süreç içinde yapılmaktadır. Sünger demir veya pişmiş pelet yerine cürufu ayrılmış, doğrudan çelikhaneye beslenebilecek demir külçeler elde edilmektedir. Bu teknoloji ile daha az enerji kullanılmakta, doğal gaz veya kok kömürüne göre daha ucuz ve yaygın linyit kömürü ile indirgeme işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Böyle bir teknolojik dönüşüm ile sağlanan enerji tasarrufunun atık (CO<sub>2</sub> ve diğer) üretimini azaltacağı açıktır. Japonya'da ve ABD'inde bu teknolojinin uygulanması için yoğun AR-GE çalışmaları ve pilot uygulamalar yürütülmektedir (Kobayashi ve diğ., 2005; Anon, 2003(2)).

Bir başka örnek krom cevherinden sıfır atık teknolojisi ile kromat üretimi çalışmalarıdır, Şekil 4. Türk cevherlerinin de denendiği bu yöntemle %100'e yakın verim elde edildiği bildirilmektedir.

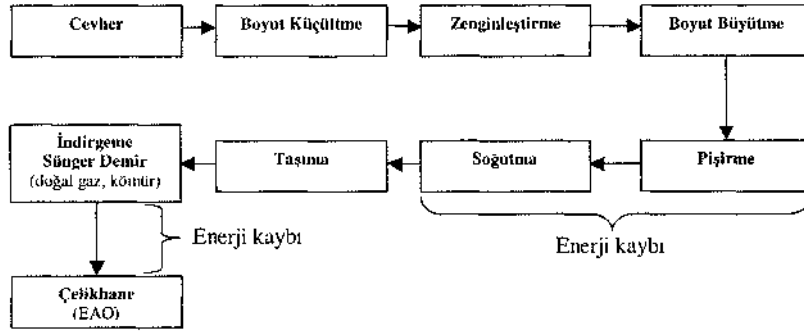
### 3.2. Atıklardan Yararlanılması

Madencilikte üretilen atıkların hacimce çoğunluğu yataşlardan oluşan katı atıklardır. Bu atıklar ya örtü kazı malzemesi olarak (genellikle iri boyutta) pasa döküm sahalarına aktarılmakta veya zenginleştirme ve diğer üretim süreçlerinin arlığı olarak atık havuzlarında veya yine pasa döküm sahalarında yığılmaktadır. Her iki durumda da malzeme delme patlatma ile gevşetilmiş ve yerinden çıkartılmış veya kırma-öğütme ile boyutu küçültülmüştür. Uygun kullanım alanı bulunması durumunda, bunlar atık olmaktan çıkıp başka bir alanda yararlı hammadde (girdi) haline gelecek, enerji ve doğal kaynak tasarrufu sağlanacaktır. Bu alanda en çok üzerinde durulan atık malzeme içinde bulunan değerli minerallerin kazanılmasıdır (Güney ve diğ., 1996; Mitchell ve diğ., 2004). Ayrıca, bu tür malzemelerin madenlerde, gölet, baraj, yol ve inşaatlarda dolgu malzemesi veya agrega olarak kullanılması mümkündür (Emery, 1998; Indraranta, 1996; Lowel, 1996; Elmas ve diğ., 1998). AB, Madencilik Faaliyetlerinde Artık ve Atık Kayaların Yönetimi için Mevcut En İyi Yöntemler raporunda da atıkların

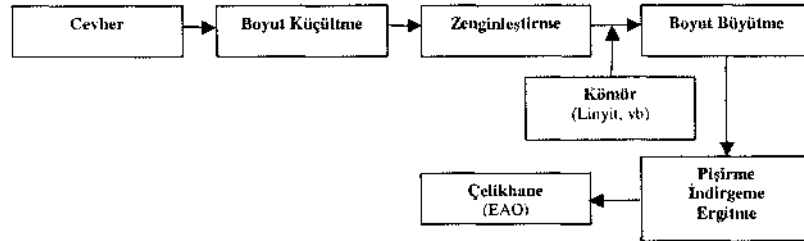
bu şekilde kullanılması önerilmektedir. Termik santral uçucu küllerinin ve yüksek firm cünifların çimento yapımında kullanılması, baca gazı desülfürizasyon kalıntısı alçının alçılı yapı elemanlarında kullanılması geçmişte atık olarak nitelenen malzemelerin ne kadar önemli hammadde haline gelebileceğine ilişkin örneklerdir. Atıklardan bu doğrultularda yararlanmak bilinen ve uzun zamandır uygulanan yöntemlerdir. Son yıllarda atıklardan farklı şekillerde yararlanmak için çok sayıda çalışma yapılmıştır. Uçucu küllerin kullanımı konusunda iki yılda bir düzenlenen ve 2003 yılında beşincisi yapılan kongrelerde dünyanın birçok ülkesinde konu ile ilgili yapılan çalışmalar aktarılmaktadır. Sekincisi Türkiye'de düzenlenen SWEMP (Symposium on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production) sempozyumları (Pasamehmetoğlu ve diğ., 2004), birçok sempozyum, kongre ve benzeri toplantılarının atık yönetimi ve kullanımı oturumlarında madencilik faaliyetleri sonrası ortaya çıkan atıklardan yararlanmanın yolları üzerine yapılmış çalışmalar sunulmaktadır. Birçok dergi atık kullanımını öne çıkaran yayınlar yapmaktadır. Bugüne kadar yapılan bütün çalışmaların değerlendirilmesi bu yazının kapsamı dışındadır. Ancak, madencilikte sıfır atık yaklaşımının gerçekleşmesine katkı sağlayabilecek birkaç değişik örnek verilecektir. Bu örnekler arasında, atıklardan inşaat tuğlası yapımında yararlanılması (Ediz ve Özdağ, 1995; Bayat ve Vapur, 2000; Tütünlü ve Atalay, 2001; Uslu ve Arol, 2004), uçucu küllerin ve Bayer Prosesi atığı kırmızı çamurların, asidik toprakların koşullandırılmasında kullanılması sayılabilir (Schmeck ve diğ., 2001; Lin, 2004). Bu uygulamanın tersi olan bir başka uygulama alanı olarak da alkali toprakların sülfürlü mineral atıkları (piritçe zengin complex sülfürlü cevher flotasyon artığı) ile koşullandırılması akla gelebilir. Bilindiği gibi, sülfürlü mineraller içinde genellikle pirit bulunur. Cevherin yapısı ve ihtiyaç durumuna göre pirit bazen asit üretimi için konsantre edilerek kullanılmaktadır. Çoğu zaman da atık olarak atılmaktadır. Türkiye'deki sülfürlü cevher işleyen zenginleştirme tesislerinde pirit daha çok atık muamelesi görmektedir. Öte yandan, alkali toprakların verimini arttırmak için ya asidik gübre kullanılmakta veya toprağa atılan elementer kükürtün oluşturduğu asitten yararlanılmaktadır. Pirit'in asit kaya sızıntısı oluşturan bir mineral olduğu bilinmektedir. Su, oksijen ve bakterinin bulunduğu ortamda pirit aşağıdaki tepkimelerle asite dönüşmektedir:



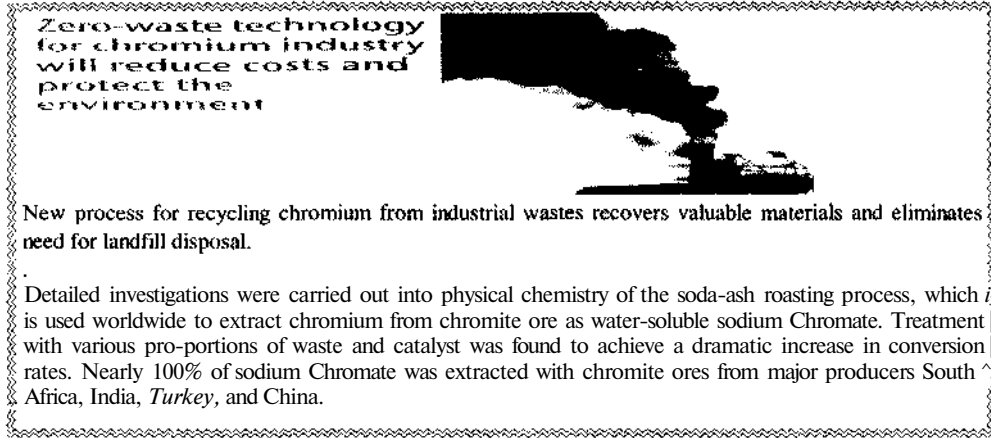
Şekil 1. Düşük tenörlü demir cevherlerinden yüksek fırında demir-çelik üretim sürecinin sadeleştirilmiş akım şeması



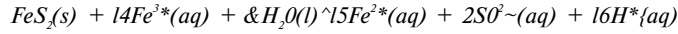
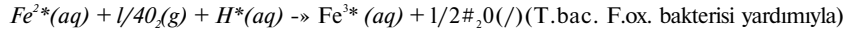
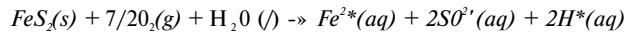
Şekil 2. Düşük tenörlü demir cevherlerinden sünger demir üretim sürecinin sadeleştirilmiş akım şeması



Şekil 3. Düşük tenörlü demir cevherlerinden demir külçe üretim sürecinin sadeleştirilmiş akım şeması



Şekil 4. Krom cevherleri ile yapılan sıfır atıklı üretim çalışması (Anon., 2003(3)).



Burada oluşan asit kaya sızıntısı madencilikte yaşanan en önemli sorunlardan biridir. Çevresel etkilerinin giderilmesi için özel önlemler alınması gerekir. Buna karşılık, eğer pirit atık muamelesi görmez ve bir katkı (ham)maddesi olarak alkali toprağa atılırsa, alkali toprağı, elementer kükürtle yapıldığı gibi, nötralize edecektir. Piritin bu şekilde kullanılması ve onunla birlikte bulunan diğer metallerin bu süreçteki etkileri sıfır atıklı üretim yöntemlerinin geliştirilmesi yönünden araştırmaya değer bir konudur.

Atıklardan yararlanılması ile ilgili bir başka uygulama, baca gazlarındaki carbon dioksitin tutularak soğutma amaçlı kuru buz, sodalı içecek üretiminde veya diğer amaçlarla kullanılmasıdır (Suzuki ve diğ., 1997). Bu haliyle atık CO<sub>2</sub> yok edilmeyecek ancak bu amaçlar için kullanılacak CO<sub>2</sub> de üretilmeyecektir.

### 3.3. Atıkların Zararsız Hale Getirilmesi

Yukarıda tanımlanan şekilde "atık" üretmemek veya ortaya çıkan artıklar için bir kullanım alanı bulmak her zaman mümkün olmayabilir. Artıkların zararsız hale getirilerek bertaraf edilmesi, sıfır atıklı

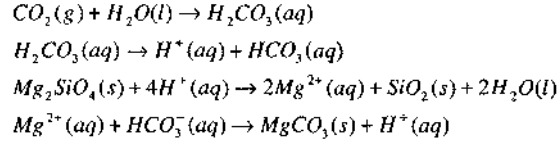
üretimin bir diğer ögesi olarak değerlendirilmelidir.

Madencilikte, AKD için yapılan nütürleştirme işlemleri, baca gazlarının kükürten arındırılması, bozulan doğanın, madencilik faaliyetleri artıklarını da kullanarak, geri kazanımı, altın madenciliğinde siyanürün bozundurulması sıfır deşarjla barajlarda toplanması; ağır metallerin çöktürülerek duraylaştırılması gibi yöntemler madencilikte halihazırda kullanılmakta olan yöntemlerdir. Bunların yanında, atıkların zararsızlaştırılması konusunda, daha yenilikçi uygulamalar mutlaka gündeme gelecektir. Bu uygulamalara bir örnek olarak atık karbon dioksitin kullanılması veya bir rezervuar yada katı içinde tutulması gösterilebilir.

Bilindiği gibi karbon dioksit başta fosil yakıtların yakılması olmak üzere, bazı endüstriyel üretimler ve biyolojik etkinlikler sonucu açığa çıkan ve sera etkisi olan gazlardan en önemlisidir. Bu gazın salınımı 15 Şubat 2005 tarihinde yürürlüğe giren Kyoto Protokolü ile düzenlenmektedir. Karbon dioksit aynı zamanda önemli sinai gazlardan biridir. Gaz, sıvı veya katı (kuru buz) halde kullanılmaktadır. Sodalı içecek üretimi, petrol üretimi, küf ve böcek önleme, gıdaların korunması (soğutulması ve dondurulması), yangın söndürme, metal parçaların kumlanması, tıbbi uygulamalar gibi

birçok alanda kullanılmaktadır (Pierantozzi, 2003). Atık karbon dioksitin atmosfere karışmasını önlemek ve sera etkisini azaltmak için bu gazın petrol kuyularına ve eski kömür ocaklarına basılması, derin deniz sularında tutulması ve bazı minerallerle bağlanması gibi değişik alanlarda araştırmalar yürütülmektedir (Anon., 2003(4). Toprak alkali silikat minerallerinin karbon dioksiti termodinamik olarak kararlı bir şekilde tuttuğu

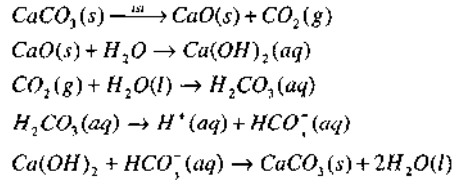
bilinmektedir. Bu, doğada kendiliğinden gerçekleşmekte ve kaya ısınması olarak adlandırılmaktadır. Yağmur sularında çözülmüş olarak bulunan karbon dioksitin serpantin ve olivin gibi minerallerle aşağıdaki şekilde tepkimeye girmesi sonucu oluşur:



Bu olgudan hareketle, son yıllarda karbon dioksitin serpantinlerle tutulması üzerine araştırmalar yapılmaktadır (Kojima ve diğ., 1997; Connor ve diğ., 2005).

Buna benzer bir uygulama da ABD'nin Illinois Eyaletinde sıfır atık ilkesi doğrultusunda üretim denemesi yapan kömür madeninde düşünülmektedir (Anon., 2002), Endüstriyel park niteliğinde olan bu işletmede, kömür, elektrik üretimini de içeren

bütünleşik bir sistem içinde çıkarılmaktadır. Termik santrallerden çıkan karbon dioksitin bir bölümünün baca külleri kullanılarak tutulması düşünülmektedir. Bu işlem sırasında kalsine olmuş alkali toprak metallerin sulu ortamda karbon dioksit ile tepkimeye girerek, normal koşullarda kararlı karbonatlara dönüşmesi ilkesinden yararlanılmaktadır:



#### 4. SONUÇ

Dünyada, kısa bir süre önce başlatılan sıfır atık hareketi, çok uzak olmayan bir gelecekte madencilik faaliyetlerinden de atıksız üretimin gerçekleşmesini isteyecektir. Yeni yasal düzenlemeler ve gelişen toplumsal eğilimler sıfır atık üretimini zorunlu hale getirecektir. Çevresel etki yönünden her zaman dikkatleri üzerinde toplayan madencilik sektörü, bu amaca yönelik çalışmaların bir bölümünü oldukça uzun yıllardır yapmaktadır. Yeni bir bakış açısı ve geliştirilecek yeni teknolojiler, madencilikte de atıksız üretimin önünü açacaktır.

#### KAYNAKLAR

- Anon., 2000; 'Zero emissions, zero waste' minerals vision; [www.csiro.au/](http://www.csiro.au/)  
Anon., 2002; Demonstration of Coal Industrial Park for Illinois Coal Industry Enhancement, Technical Report; [www.icci.org/](http://www.icci.org/)  
Anon., 2003(1); Encouraging and motivating all sectors of New Zealand society to work towards a target of zero waste, [www.zerowaste.co.nz/](http://www.zerowaste.co.nz/)  
Anon., 2003(2); The Mesabi Nugget Research Project New Ironmaking Technology of The Future: High Quality Iron Nuggets Using A Rotary Hearth Furnace; [www.eere.energy.gov/](http://www.eere.energy.gov/)  
Anon., 2003(3); Zero-waste technology for chromium industry will reduce costs and protect the environment; [www.ost.gov.uk/](http://www.ost.gov.uk/)

- Anon., 2003(4); *Capturing and Sequestering Carbon Dioxide*, [www.climatetechnology.gov/](http://www.climatetechnology.gov/)
- Anon., 2004(1); *Reduce, reuse and recycle concept (The "3Rs" and life cycle economy)*, [www.tinep.org](http://www.tinep.org)
- Anon., 2004(2), *Best available techniques for management of tailings and waste rock in mining activities*, [www.irc.es/](http://www.irc.es/)
- Anon., 2005; *Management Principles for the Coming Age of Zero Waste*; [www.grrn.org/](http://www.grrn.org/)
- Başdağ, A. ve Arol, A.İ., 1998; *Iron ore pelletizing at GIIC and the Environment-Practices and improvements*, Proceedings of Fifth International Conference on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production; Ed. Pasamehmetoğlu, G. ve Özgenoğlu, A., Ankara, Turkey, 701-706.
- Bringezu, S., 2002; *Towards Sustainable Resource Management in the European Union*, Wuppertal Papers, [www.wupperinst.org/](http://www.wupperinst.org/)
- Butler, P., 2004; *Commercial product born from a zero waste process*, CSIRO Process Magazine, [www.minerals.csiro.au/](http://www.minerals.csiro.au/)
- O'Connor, W.K. ve dig., 2005; *Carbon dioxide sequestration by direct mineral carbonation: Results from recent studies and current status*, [www.netl.doe.gov/](http://www.netl.doe.gov/)
- Ediz, N and Özdağ, H., 1995; *Kırka Boraks İşletmesi atık Killerinin Tuğla Yapımında Kullanılabilirliğinin araştırılması*, Madencilik, 34(4), 27-34.
- Elmas, N., Ayktü, H., Erarslan, K. ve Ediz, I.G., 1998; *Environmental problems caused by bituminous schist and possible solutions*; Proceedings of Fifth International Conference on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production; Ed. Pasamehmetoğlu, G. ve Özgenoğlu, A., Ankara, Turkey, 323-328.
- Emery, J. J. Emery, 1975; *Waste and byproduct utilization in highway construction*, Resource Recovery and Conservation, 1(1), 25-43.
- Ghafoori, N., Wang, L. ve Kassel, S., 1998; *Field pavements using conventional and clean coal technology by-products*; Proceedings of Fifth International Conference on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production; Ed. Pasamehmetoğlu, G. ve Özgenoğlu, A., Ankara, Turkey, 495-499.
- Güney, A., Sirkeci, A.A. ve Yüce, A. E., 1996; *Ré-évaluation of Chromite Tailings*, Proceedings of IV International Conference on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production; Ed. Ciccu, R., Cagliari, Italy; 393-401.
- Indraranta, B., 1996; *Construction potential of coal tailings in geotechnology*; Proceedings of IV International Conference on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production; Ed. Ciccu, R., Cagliari, Italy; 967-974.
- Kobayashi, I., Tanigaki, Y. Ve Uragami, A., 2005; *A new process to produce iron directly from fine ore and coal*, [www.midrex.com/](http://www.midrex.com/)
- Kojima, T., Nagamine, A., Ueno, N., Uemiya, S., 1997; *Absorption and fixation of carbon dioxide by rock weathering*, Energy Conversion and Management, 38, 461-466.
- Lin, C., 2004; *Bauxite Residue (Red Mud) from the Pingguo Alumina Refinery, China: Characteristics and Potential Uses*, Proceedings of Fifth International Conference on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production, Ed. Pasamehmetoğlu ve dig., Ankara, Turkey, 551-555.
- Liss, G., 2000; *Businesses*; [www.grrn.org/](http://www.grrn.org/)
- Lowell, C.W., 1996; *Use of waste products as flowable fill*, Proceedings of IV International Conference on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production; Ed. Ciccu, R., Cagliari, Italy; 975-978.
- Mitchell, D. C., Harrison, J. J., Robinson, H. L. ve Ghazireh, N.; 2004; *Minerals from Waste: Recent BGS and Tarmac experience in finding uses for mine and quarry waste*, Minerals Engineering, 17(2), 279-284.
- Pauli, G., 1997; *Zero emissions: The ultimate goal of clear production*, Journal of Cleaner Production; 5(1-2), 109-113.
- Pierantozzi, R., 2003, *Carbon Dioxide*, Kirk Othmer Encyclopedia of Chemical Technology Pasamehmetoğlu, G., Özgenoğlu, A. ve Yeşilay, A.Y.; 2004; Proceedings of Fifth International Conference on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production, Ankara, Turkey.
- Schueck, J., Tarantino, J., Kania, T., ve Scheetz B., 2001; *The Use of FBC Ash for Alkaline Addition at Surface Coal Mines*, Proceedings of the 2001 International Ash Utilization Symposium, Ed. Robl, Kentucky, USA, 304-319.
- Tutünlü, F. ve Atalay, M. Ü. 2001; *Fly ash utilization in manufacturing of bricks*, New Developments in Mineral Processing, Proceedings of DC. Balkan Mineral Processing Symposium, Editörler: Önal ve diğerleri, İstanbul, 677-680.
- Suzuki, T., Sakoda, A., Suzuki, M. ve Uzumi, J., 1997, *Recovery of Carbon Dioxide from Stack Gas by Piston Driven Ultra-rapid PSA*, [www.scei.org/](http://www.scei.org/)

