

Cevher Hazırlama ve Kömür Yıkama

Asit Maden Drenajı Kestirim Yöntemlerinin Karşılaştırılması

A.Yörükoğlu & M. Karadeniz

MTA Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

ÖZET: Asit maden drenajı problemi için etkin bir çevre Minelimi uygulanabilmesi, öncelikle asit oluşumunun kaynağı durumundaki kayaç yığınlarının, atık barajına terk edilen proses artıklarının ve stokların asit üretme ve nötrleştirme potansiyellerinin (NP) ortaya konmasına bağlıdır. Bu amaçla, son yıllarda giderek önem kazanan statik ve kinetik testlerle matematiksel model İaneler gibi kestirim yöntemlerinden yararlanılmaktadır. Ancak, cevher yataklarının kendine özgü nitelikler taşımaya bağlı olarak, yöntemlerin birbirlerine göre bazı üstünlükleri ve zaaiları söz konusudur. Bu çalışmada, yöntemler arasında bir değerlendirme yapılmaya çalışılmıştır.

ABSTRACT: Applicability of an effective environmental management for an acid mine drainage problem depends on the determination of acid generation and neutralization potentials of rock heaps, process tailings left to the tailings dams and stockpiles that are sources of acid formation. The prediction methods such as static, kinetic tests and mathematical models have been used for this purpose. However, due to the unique characteristics of ore deposits, prediction methods have some superiorities and weaknesses in respect to each other. In this study, these methods have been evaluated.

: 1 GİRİŞ

Asit maden drenajı sütlü. özellikle demir sülfür mineralleri içeren kömür, baz metal, uranyum ve değerli metal madenlerinde sık sık görülen bir su kirliliği sorunudur. Oluşumun kaynağı ise kayaç yığınları, atık barajına terk edilen proses artıkları, pirit konsantresi stokları, açık ve kapalı maden İşletmeleridir (Kontopoulos 1996 & Kuvueak 2000).

Kimyasal ve biyokimyasal oluşum mekanizması, çok sayıda araştırmacı tarafından (Zawadski 1967. Singer & Slumun 1968. Schmidt & Conn 1969, Baker & Wilshire 1970. Smith *ik* Shumate 1970. Blessing. Lackey & Spry 1975. Hartley 1976. İla\ve> 1977. Kleinmann ve diğerleri 1981) incelenen asit maden drenajı (acid mine drainage - AMD). letikleyici bir sütlü mineralin (genellikle pirit) su ve hava (oksijen) etkisine maruz kalması sonucunda oksidasyona uğramasıyla nihai tepkime ürünü olarak sütlük asit (H₂SO₄) meydana gelmesi ve ortamdaki metallerin çözünmesi olay ıdır. Böylelikle, ortamdaki sular asidik karakter kazanır ve pH seviyesi düşer. Bu ola\ kısaca AMD olarak bilinir.

Asidik karakterli maden sularının olumsuz özellikleri yalnızca düşük pH değerleri ile sınırlı değildir. Aynı zamanda, cevher mineralizasyonuna bağlı yüksek metal konsantrasyonu, yüksek oranda çözünmüş katı ve organik madde eksikliği ile kendilerini gösterirler (Ulrich 1999). Aşırı metal konsantrasyonundan dolayı toksiktir. Yine, metal konsantrasyonu ve çözünmüş katı içeriği sebebiyle sedimentasyon proseslerinin gelişmesine neden olurlar.

Asit maden drenajı özellikle nehir ve göllerin ekosistemleri üzerinde etkilidir. Bitki ve hayvan türlerini elimine edip, besin zincirinin basitleşmesine, hatta yıkılmasına sebep olabilir. Sudaki yaşamı tamamen ortadan kaldırabilir (Grav 1997).

3 KESTİRİM YÖNTEMLERİ

Asit maden drenajı sorununun etkin şekilde bertaraf edilebilmesi, iyi bir çevre yönetimi uygulanmasıyla mümkündür. Bu ise, zamanında yapılacak kestirim çalışmaları sonucunda, potansiyelin yeterli yaklaşıklıkla ortaya konmasına bağlıdır. Faaliyetler esnasında açığa çıkacak farklı kayaç tiplerinin asit

üretim ve nütürleştirme potansiyelleri ile kirlenmelerin ve metallerin potansiyellerinin ne olduğu. hangi koşullarda probleme dönüşeceği sorularının cevaplanması gerekmektedir. Kestirim asil maden drenajı potansiyelinin büyüklüğünün, sürekliliğinin, çevreye metal salımlarının ve u/un dönem etkilerinin değerlendirilmesini kapsar (Paktunç 1999). Bunun için ilk adımda maden alanının ilgili yerlerinden alınan temsili numunelerin kimyasal ve mineralojik analizleriyle, onların fiziksel ve jeoteknik karakterlerinin tayinini, sıvı ve katı numunelerde demir ve kükürüleri oksitleyen bakterilerin mevcudiyetini ve miktarını tespit etmek gerekir (Kontopoulos ve diğerleri 1996).

Asit maden drenajının oluşumu esnasında bir şekilde rol oynayan faktörlere ilişkin verilerin elde edilmesinden sonra, drenaj potansiyelinin hangi boyutları ve drenaj çözeltisinin niteliklerinin nasıl olabileceği konusunda kestirim yapabilmek mümkündür. Tüm bunların ışığında, kirlenici salımlarının kontrolü için kısa ve uzun vadeli önlemlerin geliştirilmesinin (emeli oluşturulur. Yine de. polansiyelin kestirimi zor. maliyetli ve güvenilirlik açısından sorgulanmaya açıktır (EPA 1994).

Kestirim için kullanılmakta olan yöntemler arasında jeokimyasal statik ve jeokimyasal dinamik (kinetik) testler, jeokimyasal modelleme. liç (özütme) testleri, jeostatiksel modelleme (3D modelleme). saha ve laboratuvar çalışmalarıyla sağlanan verilerin değerlendirilmesi ve yorumlanması sayılabilir. Ayrıca, benzer özellikler gösteren başka maden alanlarındaki aralık malzeme ile ilgili gelişmelerden (gözlem ve izleme) edinilen veriler de çalışmalara katkı getirebilir.

Bu çalışmada, halen ağırlıklı olarak kullanılmakta olan statik ve kinetik testlerin kendi içlerinde karşılaştırılması yapılmıştır.

3.1 Statik testler

Statik testler esas itibarıyla potansiyelin anlaşılmasında ilk adım olup. araştırmaların devam edip etmeyeceği kararının verilmesine katkı yapan eleme niteliğindeki testlerdir. Asit maden drenajı ile ilişkisi olan kayaçların karakterlerinin tanımlanmasını içerirler. Kayaçların asil üretim ve nütürleştirme kapasiteleriyle, drenajın niteliğini tahmin için geliştirilmişlerdir. Asili üreten ve nütürleştirilen minerallerin varlığıyla, birbirlerine göre çözünme hızları arasındaki farkları dikkate almazlar (Lapakko 2002).

Statik testler kısa sürede sonuç verir, düşük maliyetlidir ve nispeten basittir.

Jeokimyasal statik testler için farklı yöntemler geliştirilmiş olmakla birlikte, temelde sültürlü anıkların asit üretim potansiyelleri (sülfür minerallerinin oksidasyonu) ile karşı grupta yer alan minerallerin (karbonatlar ve silikat minerallerinin çözünürlükleri) asili nütürleştirme kapasiteleri

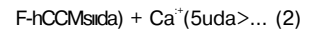
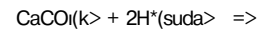
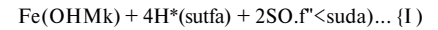
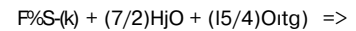
arasındaki denge irdelenir (EPA 1994. Environment Australia 1997).

Son 30 yılda yapılan ve halen devam eden yoğun araştırma çalışmaları neticesinde, temel yaklaşımı aynı olan çeşitli statik testler geliştirilmiştir. Yaygın olarak kullanılan test. 1973'de tanımlanan (Kleinmann 2000) ve 1978'de Sobek tarafından geliştirilerek bazı değişimlere de uğrayan Standard Asit Baz Hesaplama (ABH)'dır (Asid Base Accounting). Onun dışında. 1989'da Coasteeh Research Inc. tarafından ABH testinde yapılan değişikliklerle oluşturulan Modifiye ABH. kömür madenleri için 1979'da Duncan ve Bruneysteyn'in geliştirdiği British Columbia Research Başlangıç Tesii (BCRIT) ile prosedür farklılıkları gösteren Nölürleştirme Potansiyeli (pH6) ve Net Asit Üretim Testleri (White v.d. 1999. Lapakko 2000) ağırlıklı olarak kabul gören testlerdir. Bununla birlikte, ABD. Kanada. İngiltere ve Avustralya gibi ülkelerde bu tekniklerin dışında ve yine aynı tekniklerin değişik biçimleri yıllardır kullanılmaktadır (Environment Australia 1997; White v.d. 1999, Lapakko 2000).

Statik testler iki ana kısımdan ibarettir. Deneysel ameliye gerektirmeyen ilk aşamada, analizlerle bulunan kükürt (asit oluşumunun kaynağı sülfürlü minerallerdir) içeriği değerinden numunenin asilleştirme potansiyeli (AP) hesaplanır. Sonrasında, numune belli miktarda asitle muamele edilerek nütürleştirme potansiyeli tespit edilir, Elde edilen iki değer arasındaki farkı veya birbirine oranından net nütürleştirme potansiyeli (NNP) bulunur.

2.1, i Standard Asit liai Hesabı (ABH) Testi

Standard ABH testinde, tüm kükürdün kaynağının pirit olduğu, mevcut kükürdün tamamının reaksiyona girip asit üreteceği kabul edilmektedir. Ayrıca. 1 mol kükürdün 4 mol H⁺ iyonu (2 mol asit) (eşitlik 1) meydana getireceği, buna karşın her mol CaCO₃'ün 2 mol asit tüketiceği (eşitlik 2) varsayılmaktadır (EPA 1994. Paktunç 1999. White v.d. 1999).



Bu varsayımlar ışığında, kükürt analiziyle elde edilen %S değeri 31.25 çevrim katsayısıyla çarpılığında, teorik AP değerine ulaşılmaktadır. S'ün her g'ı için 3.125 g CaCO₃ (eşitlik 1 ve 2'den) gereklidir, ifadenin kg/t biriminde CaCO₃ eşdeğeri olması için çarpan 31.25 alınır.

Numunenin ntrleştirme potansiyelinin tayini için. kullanılacak asitin (HCl) niceliğinin ve niteliğinin belirlenmesi amacıyla, numunedeki kalsiyum ve magnezyum karbonatların miktarını tahmin etmeyi sağlayan "fizz testi" uygulanır (Kleinmann 2000, Mills 2002). Fizz testi, numune üzerine seyrellik ($\% < 25$) HCl damlatarak asitin numunedeki etkisinin gözleendiği basit bir işlemidir. Ancak, test sonucunda yorumun gözleme dayalı olması, takip eden aşamalar açısından son derece önemlidir.

Teste göre gereken hacmi ve konsantrasyonu belirlenen HCl ile, tane boyutu -60 mesh'e indirilen 2 g numune muamele edilir. Reaksiyon tamamlanınca dek karşım kaynatılır. Soğulma işlemi sonrasında, son pil değeri 7 olacak şekilde NaOH ilâve edilir. Numune tarafından nötralize edilen asitin miktarından ntrleştirme potansiyeli hesaplanır.

AP ve NP değerlerinin tespit edilmesinin ardından, NNP değerinin hesaplanması basit bir aritmetik işlemidir. $NNP = NP - AP$ veya $NNP = NP/AP$ eşitliğinden yararlanılır. Burada, esas mesele hesaplama sonucunda ortaya çıkan değerin yorumlanmasıdır. Yorumlamada farklı kriterler kullanılmaktadır (EPA 1994, White v.d. 1999, Kleinmann 2000, Mills 2002). Çizelge 1 rnek olarak verilmiştir (Brodie v.d. 1991).

Çizelge 1 Numunenin asit üretme potansiyelinin yorumu.

Asit-baz hesabı	(NP / AP)
Asit retir	< 1
Belirsiz zon	$1 < NP/AP < 3$
Asit retmez	> 3

2.1.2 Modifiye ABH Testi

Numune miktarı ve tane boyutu, asit lrii, konsantrasyonu ve hacmi dikkate alındığında Standard metotla aynı olup, asideme potansiyelinin hesaplanmasında, asit üretmediği varsayımıyla sülfatlar dikkate alınmamaktadır. Bu durum, kükürt analizinde uygulanan yöntemlerde değişlik gerektirmektedir (Kleinmann 2000, Lapakko 2002). Asitle muamelede, kaynatma işlemi yerine 24 saat süreyle oda sıcaklığında bekletme tercih edilmektedir. Asitleme sonucunda, karşım pH'nın 1.5-2.0 arasında olması iştenmekle, daha yüksek pH değerleri görüldüğünde asit ilvesiyle test tekrarlanmaktadır. Nihayet, NaOH ile ortamın pH'ı 8.3'e yükseltilerek hesaplama yapılmaktadır.

2.1.3 British Columbia Research Baslangıç Testi

Standard AİH testinde olduğu gibi, AP hesaplanmasında toplam kükürt değeri kullanılırken, NP'nin tayin edilmesi öncesinde numune -325 mesh'e öğütülmekte. 10 g numune HCl yerine 10 N H_2SO_4 ve 100 mL saf su kullanılarak asitleme uygulanmaktadır (Mills, 2002). Titrasyonda ortam pH'ı 3.5'e getirilmekle, dolayısıyla fizz testi yapılmaktadır. pH değerinin 3.5 olarak seçilmesinin nedeni, bakteri etkisinin (Thiobacillus ferrooxidans) daha yüksek pil'larda kayda değer olmadığı görüşüdür (Kleinmann 2000).

2.1.4 Net Asit retim Testi

nceki statik testlerden farklı olarak, kükürt analizi yapılma?. Demir sülfür minerallerinin oksidasyonunu gerçekleştirmek ve süreci hızlandırmak için H_2CV den yararlanılır. İşlem %15'lik 100 mL H_2O_2 ile 5 g'lık numunenin muamele edilmesini içerir (EPA, 1994). Ortam pH'ı düşünce ntrleştirici etkisi olan minerallerin kendiliğinden cznme süreci başlar. Reaksiyonun sürdüğünü gösteren işaretler bitlikten soma, bir saat kadar beklenip czelti pH'ı ölçülür. Son aşama, czeltinin pH'ı 7 olacak şekilde titre edilmesidir. Böylelikle, numunenin asit üretme ve ntrleştirme kapasitesi doğrudan bulunmuş olur.

2.1.5 Ntrleştirme Potansiyeli (pH6) Testi

Bu metod asit kuvveti ve czeltinin titre edildiği pH hariç. British Columbia Research Başlangıç Testiyle aynıdır. Öncelikle, 10 g numune 100 mL deiyonize su ile karşıtılır ve 1 N H_2SO_4 yardımıyla pH 6 olacak şekilde titre edilir. Tüketilen asit miktarından hesap yoluyla NP değer bulunur.

3.2 Kinetik testler

Sanılanın aksine, asit maden drenajı niteliğinin kestirimine yönelik çalışmaların olduğu uzun bir geçmişinden söz etmek mümkündür. Lie kolonlarıyla ilk araştırmaların Mellon Enstitüsünde 1949 yılında Braley tarafından gerçekleştirildiği ifade edilmektedir (Hornberger & Brady 1998).

Kinetik testler statik testlerden bir sonraki adım olup, esas itibariyle simülasyon testleridir. Statik testlerdeki belirsizlikleri azaltmak, elde edilen verileri doğrulamak, belirleyici reaksiyonları tanımlamak, asit üretme hızını tespit etmek ve drenaj suyu kalitesini belirlemek amacıyla yapılırlar. Burada, uzun süre hava ve nem etkisine maruz kalmış kayaa ve proses artığı örnekler üzerinde oksidasyon ve bozunma (weathering), gerçekleştirilen testlerle simule edilir. Bu metotlarla asit üretiminin başlaması için gereken süre (lag time) ve kontrol tekniklerinin etkinliği konusunda da fikir sahibi olunabilir

(Fıvııonmenl Australia 1997) A)nui test so nuçlarından \ararlanmak suretiyle drenajın metal vuku ile ilgili talimin \apılabilir Stank lestler sadece potansi>eli (kapasievi) gosteriken kındık lestler olaun gerçekleşip gerçekleşmevceği hakkında bilgi verir Alternant değil tamaml}ici niteliktedir

Kındık testlerin önemli bu özelliği bakteri sıcaklık ve numune tane boju lu gibi asit üretim ve n otu rl eşi irme reaksiyonlarında rol oynayan laikli değişkenlerin etkisinin ırdelenebilmesidir

Uzun yıllardır yapılan arı aştı rinalar I a çok sayıda kinetik testi metodu geliştirilmiştir Ancak bunların yalnızca bu kaç\ı avgın olarak kullanılmaktadır

ı 2 1 Nim Hin UM Testi

Nem hucısı hava gıuş-çıkışı bulundu odacıktır Numune -2 38 mm ve kırılır ve 200 g lık bu miktar konteynere verileştirilir Belirlenen test suresince or lamdan hava geçülür Bakteri aşılması yapılabilir Bu suicç lamanıldığında numune kum asal özeli liklen bilmen su>ta perı>odik olarak yıkanıl Yıkama suyu analiz edilerek pH asidite alkalılık iletkenlik redoks potansiyeli sultat ve çözünmüş metal konsantras;onu gibi parametelere bakılır

Testleın suresi ile ilgili olarak değişik gosuşlei oncmli larklılıkları ar/ etmekteci CPA nın (1994) belirttiği üzere standard bir nem hücresi testi >oktu Test suresi ise 10 baltadan (EPA 1994) bu kaç hatta ^ \ ıla kadar (Morn & Hull 1999) değişebilmektedu

122 Kolon Testi

Kolon tesllen nem hücresi testleri ile bıyık benzerlik gosteru Teste tabı tutulacak numune silmdük kolona verleşirilir Suvla ıslatma ve kuulma penvotları u\guların iler bir devu bıkaç gun ile bukac hâıla di asında bazen daha la/la surer kolondan geçirilen su toplanıp oksidasyon hı/ı sultat oluşumu melal salımı \e dtgeı parametelerin belülenmcsı için analı/ edilir

Basit düzenek bakteri etkisi su doaygunluğu kucçtaşı gibi dcğişkenlenn irdelenmesine olanak sağlar Numune tane boji lu ivin bu değei verilmemiş olmakla birlikte araşlı maldı da 0 5 em den m taneli numunelerin saha koşullarını daha IM lemsil etlgi ilade edilmiştir (Bıadham & Carucuo 1990)"

2 2 3 Soxhelet Lkstahton Testi

Soxhelet ekstraksiMin cihazıyla ço/eltının numunen tekrar geçirildiği bir snnülasyon tesidı Numune cihazdaki bir \uksuk içine yerleştirilip bir ie/eıvuaidan devir daim ettirilen ço/eliyle muameleye tabı tutulur İki larklı işlem Li\gulaJimaktadır Standaid proseduide sıcaklığı 70 "C olan asetik asil veya damıtık suyla sure değişiken olmakla beıaberı genellikle 6 halta suresince

numune o/utlenir Modi live testle ise oda sıcaklığında damıtık su kullanılır

22 4 Butıslı C ohınıbtu Reseat eh Doy uluma I esti

British Columbia Research Başlangıç Testinin devamı niteliğinde ondan elde edilen sonuçları doğrulama amaçlı o/çllikle bakteri etkisini belit ie mek için geliştirilmiş bu testtu

Bazı araştırmacılar orijinal prosedürde olma masına karşın numune] -401) mesh e oğıtup testte 15-30 g numune kullanılmaktadır (TPA 1994)

Ortam pH ı 2 5 olacak şekilde numune 4 saat suresince çalkalanmak suretiyle sullunk asitle muamele ediliı Bakteri aşılması (Thiobacillus teı 100\ıdan) yapılıp çalkalama işlemi sudırulur PH 2 8 in altında olmak üzere ilk uç gun çözeltideki melalle izlenir Somasında damıtık su ilâve edilip mı ki «biyolojik aklıvie bitinceye (pH ve metal kon sanırasvonları sabitleninceye) dek her ıkı günde bir kontroller sudırulur Yeni numune eklenip 24 saat daha çalkalamanın sonunda pH ölçulur pH 3 5 veya büyükse tesl tamamlanmış olur Aksı halde son tsæm tekrarlanır Ölçülen pH değen 3 5-4 aracında değilse test tamamlanır Bu aralıkta ise çalkalama suresi 48 saat uzatılır ve pH olcumu yapılu Bulunan değei 3 5 in üzerinde\se numunenin asit üretmediği sonucu çıkar

3 IRDELXME

Maden işletmesi alanındaki kavaç yığınları atık barajına terkedilcn proses artıkları ve pint kon satıtesı stokları çerçevesinde meydana gelen asil maden drenajında asit üretim kapasitesini belirle>en faktörler asılı üreten sullurlu nuncıallcile asıtu tüketen karbonatlı ve silikattı mıncralleıdı Statik lestler leaksiyon kınclıkicını diğer bir ifâdeyle reaksiyonların gelişimine elki eden doğal ortam koşullarını dikkate almazlar

İlk adımda asit oluşumunun kaynağı olan kukutun rolünün tanımlanması stalık testltim oı taya kojacağı sonuçların gerçekçılığı açısından el zem gounmektedir Modılıyc ABH testi hariç statik testler numunedeki kukıudun tamamının asit uete ceğini varsaymaktadır Oysa bant ve lips gibi su I tatlar ile kdmur valaklaımda bulunan organık kökenli kukurtler asit üretme özelliği taşıma/lar Ay rica doğal ortamda asit üreten kükürdüın tamamının reaksiyona gıciek sullata dönüşeceğim ilen sürmek tartıtmaya avık bu noktadır Bu durumda toplam kıkut dikkate alınarak asılleme potansiyeli hesaplandığında gervekle olduğundan büyük bu değei bulunacaktır Buna karşın melantert ve jaro sıt gibi bazı oksidasyon urunu sultatların çozınselerı hıdıolize olsalar asıl uetseler dahi hunun önemsiz olduğu sultat mıneralleının oksitleme potasiyeli

olmadığı dolayısıyla, sadece metallere bağlı kükürlün asit oluşumuna kaynaklık edip dikkate alınması gerektiği ifade edilmiştir (Mills 2002). Ancak, Perkins tam tersini savunmuş, melantherit ve lerihidril gibi reaksiyon ürünü sülfatların çözelti asiditesini kontrol ettiklerini özellikle vurgulamıştır (Paktunç 1999). O halde, asit üretebilen sülfatlar göz ardı edildiğinde, asit üretim potansiyeli muhtemelen eksik hesaplanmış olacaktır. Asit potansiyeli hesaplamasında kullanılan kükürt analizi için combustion furnace kullanımının zaafi gidereceği öne sürülmektedir (White v.d. 1999).

Nötürl eşî irme potansiyelinin belirlenmesi, tamamen teorik olarak hesaplanan asit üretme potansiyelinin aksine (net asit üretme tesii hariç), salt hesaplamadan ibaret değildir. Numune boyutlarında değişiklik, asitle muamele ve litrasyon işlemleri bir çok değişkenin sürecin parçası haline gelmesine sebep olur. Bu nedenle, aynı numune için değişik test metotları uygulandığında, birbirinden çok farklı nôtürleştirme potansiyeli değerleri elde edilebilmektedir. Rol oynayan başlıca değişkenler: numunenin tane boyutu, kullanılan asitin cinsi, miktarı ve konsantrasyonu, ortam sıcaklığı, süre ve titrasyonda hedeflenen pH"dır.

Maden işletme alanlarında yer alan proses artıkları ve konsantreler dışında kalan ve asil üretimine kaynaklık eden malzemelerin iane boyutu iridir. Öte yandan, nôtürleştirme potansiyelinin belirlenmesi işlemleri öncesinde, Net Asil Üretim Testi hariç, numune Öğütülmektedir. Oysa, bir mineralin iane boyutu küçüldüğünde, yüzey alanı artacağından reaksiyona girme yeteneği, bir diğer ifadeyle, çözünürlüğü artar. Dolayısıyla, numunede bulunan nôtürleştirici minerallerin çözünürlükleri, doğal ortama kıyasla daha fazla olacağından, tespit edilen NP değeri gerçeğinden fazla çıkacaktır. Bu durum, British Columbia Research Başlangıç ve NP (pH6) testlerinde iane boyutu genellikle -325 mesh'in altına indirildiğinden sıkıntı diğer ABA testlerine göre büyüktür.

Nôtürleştirme potansiyelinin belirlenmesi sürecinde, testlerin hata kaynaklarından biri de, numunenin asitle muamele edilmesidir. Standard ve Modifiye ABH testlerinde HCl asit kullanılmaktadır. Doğal ortamda ise, asit drenajı gerçekleştiğinde oluşan ve doğal olarak nôtürleştirici veya tampon etkisi gösteren minerali çözen H_2SO_4 'ün HCl ve H_2SO_4 'in mineraller Üzerindeki çözüme etkinliğinin aynı olduğunu savunmak mümkün değildir. HCl'in demir ve karbonatların çözüldürülmesinde daha etkili olduğu bilinmektedir. Asit drenajı oluşumu esnasında çözünmediğinden prosesin gelişimine katkısı olmayan siderit, HCl ile yapılan testlerde çözünüp alkali etkisi göstermektedir. Benzer davranış, süllürlü mineral olan pirotinde de izlenmekte, hu mineralin çözünürlüğünün HCTde daha yüksek olduğu belirtilmektedir (White v.d. 1999). Buna göre, H_2SO_4 kullanılan British Columbia Re-

search Başlangıç ve NP (pH6) testlerinin daha gerçekçi sonuçlar vereceği söylenebilir.

Basit bir ön işlem gibi görünen fizz testinin, elde edilecek veriler üzerindeki etkisi büyüktür. Fizz testinin kıstasları gözleme dayalıdır ve bu anlamda testi yapan kişiye bağımlıdır. Sübjektif bir işlemdir. Verilecek karar da sübjektif olacağından kullanılacak asitin miktarı ve konsantrasyonu için, ciddi değişkenlik söz konusudur. Standard ABH'da pH 0.5-7.0 aralığında olduğundan, asit miktarındaki değişim teorik olarak 20 katına kadar çıkabilir (20 mL 0.1 N H_2SO_4 - 80 mL 0.5 N H_2SO_4). pH aralığı 1.5-2.0 olan Modifiye ABH testinde değişim ise 5 kal olabilmektedir.

Bilindiği gibi, çözeltideki asit miktarı arttırıldığında, ortam pH'ı düşer. Nötralizatör mineralin çözünürlüğü de, netice itibarıyla, artar (Paktunç 1999). Bu veriler ışığında, Standard ve Modifiye ABH testlerinde (Standard'da daha yüksek olmak üzere), asitle muameleden kaynaklanacak hata ihtimali fazladır. British Columbia Research Başlangıç ve NP (pH6) testlerinde hedef pH vardır ve bu kıstas objektiftir. Hata olasılığı da göreceli olarak azdır.

Hata kaynaklarından bir diğeri de, asitle muamele sonrasında, çözeltide kalan asitin miktarını tespit amacıyla uygulanan titrasyonda seçilen hedef pH'tır (back titration end point). Standard ABH'da pH 7.0 olarak alınırken, Modifiye ABH'da bu değer 8.3'lidir. Standart ABA'da, çözeltideki asit miktarının eksik tespit edilebileceği belirtilmiştir (White v.d. 1999). British Columbia Research Başlangıç ve NP (pH6) testlerinde ise titrasyon yapılmadığından, işlem esnasında açığa çıkan asidite hesaba katılmaz.

Statik testlerdeki değişkenler arasında sıcaklık ve sürenin etkisi de incelenmiş. Coastech Research (1989) ve Lapakko (1992) bu iki değişkenin etkilerinin ihmal edilebilir düzeyde kaldığını ifade etmiştir, Ancak, karbonat mineralleriyle USBM tarafından gerçekleştirilen testler, sürenin çözünme üzerinde oldukça etkin olduğunu göstermiştir. Yinc NP (pH6) testinde $CaCO_3$ 'ün çözünme hızının $MgCO_3$ 'a kıyasla yüksek olduğu görülmüştür (White v.d. 1999). Bu da, mineralojik yapının ne derece belirleyici olduğunun bir göstergesi olarak alınabilir.

Kinetik testler, doğal yolla gerçekleşen proseslerin laboratuvarlarda taklit (simüle) edilmesi ve hızlandırılmasıdır. Fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik faktörleri kapsamaktadır.

Doğada, sülfürlü minerallerin oksidasyonu sülfat oluşumu su ve oksijen varlığı, mineralojik yapı ve doku, sıcaklık, pH ve mikrobiyolojik aktivite gibi sayısız faktörün etkisine bağlıdır. Temel zorluk, tüm bu faktörlerin en gerçekçi şekilde laboratuvara taşınması ve testlerin tamamlanması sonrasında elde edilen verilerin doğru yorumlanmasındadır.

Hornberger ve Brady (1998), istenen doğruluk ve hassasiyette veri üretebilmek için, kinetik test donanımlarının boyut, biçim ve yapı olarak olabildiğince basit, ancak, sıvı ve gaz akışkanların sis-

tem içindeki sirkülasyonlarının, maden alanındaki ortam koşullarını yansıtabilmesi için karmaşıklık gerektirdiğini ifade etmişlerdir. Bu olayları laboratuvar ortamında gerçekleştirmenin zorluk derecesini açıkça göstermektedir.

Kinetik testlerde minerallerin çözünürlüklerini belirleyen faktörlerle oynanmaktadır. Statik test metodlarının irdelenmesinde de ifade edildiği üzere, mineral tanesinin boyutu küçüldüğünde, yüzey alanı arttığından, çözünürlüğü de artmaktadır. British Columbia Research Doğrulama Testinde malzeme boyutu -400 mesh'e indirilmektedir. Bu tane boyutunda çalışılan numunenin çözünürlüğü artacak, gerçek değerlerden uzaklaşacaktır.

Bir diğer nokta, testler esnasında kullanılan ıslatma ve yıkama sularıyla ilgilidir. Pirit oksidasyonuna suya doygun ortamlarda önemli ölçüde katkı yapmaktadır. Öyle ki, bu özellikten yararlanılarak asit maden drenajı sorununun giderilmesi yönünde yöntemler geliştirilmiştir. Test yapılması sırasında, doygunluğa ulaşılması durumunda hala olasılığı yüksektir. Soxhlet testinde Standard prosedürde damıtık su yerine asetik asit ile özütleme yapılmaktadır. Coastech (1989) tarafından yapılan bir çalışmada, asetik asit astin gerçeği olmayan sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Nem hueresi ve kolon testleriyle ilgili en önemli sorunun /aman olduğu belirtilmiştir (EPA 1994), Nem hücreleriyle yapılan bir çalışmada, bir nem hücresinin %50 ihtimalle bir yıl sonra leu kimyasal stabilizasyona ulaşabileceği. %50 olasılıkla da bunun 3-5 yıl sürebileceği görülmüştür (Morin & Hutt 1999). Çözünme için yeterli zaman verilmediğinde, minerallerin değişken çözünme hızı nedeniyle, gerçeğinden farklı nitelikte drenaj gelişmekle, yanlış yorum yapılması olasılığı artmaktadır. Zaman açısından en avantajlı test, diğerlerine oranla çok daha çabuk sonuç veren Soxhlet testidir.

Kolon testinde karşılaşılan bir başka sorun borulanma (piping) olayıdır. Bu problem, kolon içinde hareket eden sıvının taneleri arasında kanallar oluşturması ve malzeme içinde düzgün dağılım göstermemesidir. Homojen olmayan özütleme prosesine ölçü açma olasılığı vardır.

4 SONUÇ

Statik testler ile kinetik testler birbirlerinin alternatifi değildir. Aksine, birimlerini tamamlamaları için nitelik taşırlar.

Statik testler kısa zamanda veri üreten, düşük maliyetli (25-100\$) eleme amaçlı testlerdir (EPA 1994). Buna karşın, uygulanacak çevre yönelimi için kinetik testler büyük önemi taşımaktadır. Ne var ki, fazla miktarda numuneyle çalışma gerektiren, uzun süreli ve yüksek maliyetli (100-1500\$) testlerdir.

Arazi testlerinde maliyet daha da artabilir (Hornberger & Brady 1998)

Kinetik testlerin temel zorluğu, doğal olarak gerçekleşen olayların laboratuvar ortamında simüle edilmesine bağlı olarak, sürece etki eden faktörlerin bu ortama taşınmasındadır.

Tüm testlerin başarısında öncelikle çok sağlıklı numune alınması ve alınan numunelerin kimyasal ve mineralojik analizlerinin hatasız yapılması gereklidir. Seçilecek test yönteminde mineraloji bilgisi birinci derecede rol oynamaktadır. Çünkü, her test kendine has değişkenleri mevcuttur, ancak mineralojik yapı başlı başına bir değişkendir. Uygun mineralojiyle, testler genellikle makul sonuçlar vermektedir. Bir numune için çok iyi sonuçlar veren bir test, mineralojisi farklı bir başka numunede başarısız olabilir.

Hem statik, hem de kinetik testler için yorumlama en zor aşamadır. Çünkü, üretilen verilere dayalı bilgi dışında, engin tecrübe gerektirmektedir.

KAYNAKLAR

- Baker, R.A. Wilshire, A.G. 1970 Microbial Factors in Acid Mine Drainage Formation. *DM 1101 DKN 11/70* US Gvnt PnminaOffice Washington D.C
- Ble.ssing, N.V. Lackey, J.A. Spry, A.H. 1975 Rehabilitation of an Abandoned Mine Site. Minerals and the Environment. *10th S.M.J. hist of Mitt & Metili* London
- Bradford, W. Caiuccio, F.T. 1991. A Comparative Study of Tailings Analysis Using Acid/Base Accounting. *Cell Columns and Soxhlets.. hi Puneethunt of the 2 luteum İtana! Confeiemc mi the Aboiement of Am/it Dtiuujiite*. Vol. 1. Montreal Quebec. MEND Program (Ed). Quebec Mining Association. Ottawa
- Bfoilie, M.J., Broughton, L.M. & Robeilson, A. 1991. "A Conceptual Rock Classification System for Waste Management and a Laboratory Method for ARD Prediction from Rock Piles" In Proceedings of the 2 International Conference on the Abatement of Acidic Drainage. Vol. 1. Montreal Quebec. MEND Program (Ed). Quebec Mining Association. Ottawa
- Coastech Research Inc. 1989 Investigation of Prediction Techniques for Acid Mine Drainage. MEND Project 116.1 a. Canada Centre for Mineral and Energy Technology. Energy, Mines and Resources Canada
- Environment Canada. 1997 Managing Sulphidic Mine Wastes and Acid Drainage. Best Practice Environmental Management in Mining Booklet Series
- Environmental Protection Agency (US) 1994 Technical Document - Acid Mine Drainage Prediction
- Day, N.F. 1997. Environmental Impact and Remediation of Acid Mine Drainage: A Management Problem. *Emimii-meititil Gi'ithfiw* 10 (1/2). Maieli. p. 62-71.
- Hartley, A.C. 1976 Tailings and Waste, Revegetation at Bougainville. Address to Papua New Guinea Scientific Society. Port Moresby. Mimeog.
- Hawley, J.R. 1977 The Problem of Acid Mine Drainage in the Province of Ontario. Ministry of the Environment. Ontario.
- Hornberger, R.I. Brady, K.B.C. Kinetic (Leaching) Tests for the Prediction of Mine Drainage Quality. Coal Mine Drainage Prediction and Pollution Prevention in Pennsylvania. PA DEP p 71-754
- Klemmann, R.L.P., Cleary, D.A., Pacell, R.R. 1991 Biogeochemistry of Acid Mine Drainage and A Method to Control Acid Formation. *Minuit; Ln'nieei itit*, March, p 1010-1011

- Kleinain RI P (Fd I 2000 Prediction of Water Quality at Sulfate Ctrial Mines The National Mine Land Reclamation Center Located at West Vngim i Univtistity
- Kontopoulos A Adam K Monhemius J C.unhiidge M Kokkoin D 1996 fc-nviroiimential Management in Polymetalhc Sulphide Mines *Pi,meeting SWCMP <J6 Cmi R led) S Marglien di Pula Cagliari Italy 7 Il* Ottobei p 121 HO
- Kuvucak N 2000 Miciooigamsms Biotechnology and And Rock Drainage Emphasis on Passive-Biological Comiol and Ti eamn.ni Methods *Mimull&MetilUr\`ttü Pun ewnm* Vol 17 No 2 p 85 95
- Lipakko K A 1992 Chaiacterizaoon and Static Testing ol Tt.ij Gold Mme Tailings //; *Pitnti(ltiti;\ «/ tin IW2 Antum S/nun fur Sulfate Mumm ***** Re< Umuttum Miditm Duluh MN p 170 184*
- Lapakko K A 2002 Metal Mine Rock and Wasie Characten/auou Tools An 0\ei\iew *Inn t minimal liiMiiuit fin Emit\`liiuiill unci De\ihpnn nt No 67*
- Mills C 2002 Acid Base Accounting (ABA) wvm inloinnu.com/teihnology/enviionntt/
- Moim K A Huit N M 1999 Humidiy Cells How Long' How Many' *Pupiuil t<> "nullum 99 Mumm ***** 'Ur Euumiiitii II p 1 9*
- Pakuiiç AD [999 Claiacterization of Mine Wastes toi Prediction of Acid Mine Di.image *En\iromiuiital huptris uf Mumm Aiimic\ AZCUE i M (ed) p 19-40*
- Schmidt J W Conn K 1969 Abatement of Water Pollution limn Mine Wasie Waters *ht Annual Mttlmf> of thr Ca iiieliiliii Muu ml Pint t win \ p 52-74*
- Smith FE Shumate KS 1970 Sulfide to Sulfate Reaction Mechanizin *Doittnuit 14010 rPb 02/70 US Govt P ilining Office Washington DC*
- Uliich M 1999 Non metallic Carbonois Mineials in the Passive Treatment of Mining Wastewater in Slovenia *Clifinn til Limine ei am & Pimi wnm 18 p 249-258*
- White W W 111 Lapakko K A & Cox R L 1999 Static Test Methods Most Commonly Used to Predict Acid-Mine Drainage Practical Guedlines for Use and Interpretation in fid itm in *ElilllOllIU Genius V 6A The Environmenial Geochemistry of Mineiat Deposits Part A Processes Techniques and heahh Issues Plumlee G S And Logsdon M I (Eds) Society of Economic Geoloeists Inc hilleton CO p 125-118*
- Zawadski E A 1968 Acid Mine Drainage Research at Bituminous Coal Rest.uch Inc *SME Meetnm September Las Vegas Nevada*

İsparta Yöresi Amorf Silika Oluşumlarının Beton Üretiminde Mineral Katkı Maddesi Olarak Değerlendirilebilirliği

M. Davra/

İS.B.İS İsparta Belediyesi Binası Yapı Elemanları San ve Tic. I.Ş. İsparta, Türkiye

L. Gündüz

Suleyman Demirel Üniversitesi, Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi, İsparta, Türkiye

O/H I Günümüzde dünya inşaat sektöründe yüksek performanslı beton eklesi için pek çok farklı tür ve bileşimde katkı maddeleri kullanıldığı bilinmektedir. Genel olarak bu katkı maddeleri kimyasal yöntemlerle veya endüstriyel atıklardan yararlanılarak elde edilmektedir. Bu makalede, İsparta yöresi amorf silika oluşumları teknik açıdan tanımlanmakta ve doğal bir katkı maddesi olarak beton üretiminde kullanımı irdelenmektedir. Yüksek performanslı beton elde için, amorf silika maddesinin kullanım etkisi deneysel olarak incelenmiş olup, araştırma bulguları burada tartışılmıştır.

ABSTRACT: Nowadays, in order to produce the high strength concrete in the civil engineering applications, the use of different kinds of additives are well known. In general, these materials are produced either by chemical methods or as a by product from industrial waste materials. In this paper, the formations of amorphous silica of İsparta Region are defined in a technical view and its use in the concrete manufacturing as a natural additive material was evaluated. To produce a high strength concrete, the effectiveness of using amorphous silica material was analysed experimentally, and the research findings are discussed.

1 GİRİŞ

Amorf silika kayacık/ülkemi/ madencilik sektörü ve terminolojisi için yaygın olarak bilinen ve kullanılan bir endüstriyel hammadde değildir. Maden kanunu kapsamında da bu adlandırmayla maden tanımlaması bulunmamaktadır. Ülkemizde mevcut maden kanununa göre amorf silika, SiO_2 dan fazla SiO_2 içeren dolayısıyla kuvars, kuvarsit veya kuvars kumu sınıfına dahil edilebilir (Kartal ve Topaloğlu, 1990).

Yapılan literatür araştırmalarında, ülkemizde resmi maden ve endüstriyel hammadde kayıt ve istatistiklerine geçmiş yıllarda da incelemelere konu edilmiş, ekonomik nitelik taşıyan amorf silika yatağına rastlanmamıştır. Bu durumda önceleri kuvarslı daha sonraları diatomit olarak tanımlanmış, zaman zaman işletilmiş Keçiözümlü (İsparta) amorf silika oluşumları, ülkemizde ekonomik niteliğe ve işletilebilir rezervlere sahip şu ana kadar bilinen tek amorf silika yatağı olarak tespit edilmiştir.

Dünya da ekonomik olarak halen işletilmekte olan ve resmi kayıtlara geçen tek amorf silika yatağı, Yeni Zelanda Rotoura bölgesinde yer alan Tikiterc amorf silika yatağıdır. Tikiterc doğal amorf silika yatağından üretilen hammadde, mikronize olup haline

getirilerek, Yeni Zelanda'da inşaat endüstrisinde katkı maddesi olarak kullanılmakta ve ihraç edilmektedir (Anonim, 1999).

Bu makalede, İsparta-Keçiözümlü yöresi amorf silika oluşumlarının, portland çimentosu ile birlikte kullanımında elde edilen beton türlerindeki iyileştirmeler, yapılan deneysel çalışmalarla analiz edilmiştir. Beton sektörü açısından son derece önemli olabilecek teknik bulgular elde edilmiş olup, bu makalede amorf silika endüstriyel anlamda beton sektöründeki performans artırıcı bir mineral katkı malzemesi olarak kullanılabilirlik kriterleri tartışılmaktadır.

2 AMORF SİLİKA NEDİR

Amorf silika, volkanik-hidrotermal sistemler içinde, doymuş silikadan direkt çökelmeyle yeraltı damarları biçiminde, pH'ı nötr kloritli sular yakınında ve yüzeyde ise silika tortuları olarak veya birincil kuvars hariç bulun orijinal minerallerin yer aldığı amorf silika + kalsiyum + doğal kükürt + alunit + kaolin + limonit gibi ikincil mineral topluluğunda ornatılan oluşum olarak, yüzey veya yan ürünlerin asıl alterasyonundan oluşan ve yataklanmış tortul birkayaçlır

Amorf silika. acık rengi, hafifliği (Birim Hacim Ağırlığı < 1 gr/cm³). mikro gözenekli yapısına bağlı yüksek porozitesi ve su emme kabiliyeti, gevrek ve kola) kırılabilir oluşu ile diğer silikalı kayaçlardan kolayca ayırt edilebilir

Dünyada bilinen en yaygın kullanım alanı inşaat sektörüdür. Beton dayanımını artırıcı ve priz hızlandırıcı polimer bazlı kimyasal maddeler, uçucu kulleri. Zeolit grubu mineraller ile endüstriyel yan ürün/atık olarak elde edilen silis dumanı gibi doğal amorf silika da dünyanın bazı bölgelerinde beton katkı maddesi olarak yaygın biçimde kullanılmaktadır.

Genelde açık maden ocağından üretilen tüvenan amorf silika. kırma, eleme, kurutma ve öğütme işlemlerine tabi (utulduktan sonra dökme veya torbalanmış olarak İnşaat sektörünün kullanımına sunulmaktadır. Amorf silikadan üretilen beton katkı maddesi, kimyasal ve/veya suni olarak elde edilen alternatif katkı maddelerine göre çok daha düşük maliyetle piyasa arz, edilebilmektedir (Anonim. 2001) Buna karşın dünya üzerinde ekonomik olarak işletilebilecek rezervleri henüz kısıtlıdır.

İnşaat sektörünün haricinde amorf silikamın:

- Sabun, deterjan, kağıt. boya. lastik, termo-plastik üretiminde katkı ve dolgu maddesi olarak.
- Plastik film üretiminde kaplayıcı ve katalizör olarak.
- Cam. seramik, ses ve ısısal yalıtımlar gerektiren malzeme üretiminde yüksek sıcaklık silikalari olarak.
- Elektronik. mücevhercilik. metal. cam sanayiinde vb. alanlarda aşındırıcı ve parlatici madde olarak,
- Tıp. mikrobiyoloji, genetik, uzay sanayii gibi hassas ve saf madde kullanımı gerektiren ileri teknoloji alanlarında moleküler elek olarak.
- Muhtelif sanayii dallarında filtre ve absorban malzeme olarak kullanım alanları da mevcuttur

3 AMORF SİLİKANIN DÜNYA VE OUCUMU/İNŞAAT SEKTÖRÜNDEKİ DURUMU

Dünyada baraj gövdesi, viyadük, köprü taşıyıcı sistemleri, çok katlı yapılar, atık baraj ve depoları. hava alanı pistleri. endüstriyel döşemeler, depreme dayanıklı olması istenen özel yapılar vs gibi yer üstü yapıları: tünel metro, korunaklar, yeraltı depoları vs gibi yeraltı yapıları ile deniz ve su altı yapılarında yüksek perlbımsız beton kullanımı çok yaygındır

Ayrıca endüstriyel zemin ve döşemelerde, tünel kaplamalarında ve püskürtme sıva uygulamalarında yüksek perlbımsız beton, harç ve sıva kullanımı gııı geçtikçe yaygınlaşmaktadır (Anonim. 1996).

Yüksek performanslı beton üretiminde kullanılan katkı maddelerinden doğal amorf silika ve silis

dumanının tüketim miktarlarına ait kesin kayıtlara lastlanamamıştır. Ancak Silika Dumanı (Silica Fume) Üreticileri Birliğince A B D ve Avrupa'da yılda üretilen yaklaşık bir milyon ton silis dumanının bu ülkelerdeki talebe ancak cevap verdiği bildirilmektedir. Ülkemizde ise yüksek performanslı beton üretimi ve suni doğall silislerin betonda katkı maddesi olarak kullanımıyla ilgili açık bir bilgi mevcut değildir.

İnşaat ve beton sektörü, ekonomimiz içerisinde payı en yüksek sektörlerin başında gelmektedir. 2000 yılında gerçekleşen çimento üretimi 35.800.000 ton, iç tüketim 31.500.000 tondur. Çimento fabrikalarının kumlu kapasitesi ise toplam 60.000.000 ton civarındadır. 30 milyon tonluk çimento tüketimi ortalama 150 milyon m³ betona eşdeğerdır. Tüketilen 150 milyon m³e eşdeğer beton ve/veya betondan imal edilen ürünlerin %1-2'si yüksek performanslı beton sınıfına girdiği kabulü yapılırsa, ülkemiz katkı maddesi ihtiyacının (kullanılan çimento oranının en az %5'i oranında ilave edildiği göz önünde bulundurularak) 15 bin ila 30 bin ton dolayında olduğu görülecektir. Asgari 15 bin tonluk iç tüketimin ülke ekonomisine yansması en az 15 milyon USD'dır. İsparta - Keçiborlu yöresindeki rezerv, bu talebe cevap verebilecek potansiyele sahiptir.

Keçiborlu amorf silika ocağından (diatomit madeni adıyla) 1998 - 2002 yılları arasında 7864 ton üretim gerçekleştirilmiştir . Yöredeki amorf silika oluşumları. 150 000 m³ gonunur ve 150.000 m³ muhtemel rezervi ile halen ülkemizdeki bu çalışma ile ortaya konulan ve ekonomik önem taşıyan en önemli rezervedir (Anonim. 2000). Bununla birlikte ülkemizde yapılacak bilimsel araştırma ve incelemeler sonucunda yeni oluşumların ortaya çıkarılması mümkündür.

4 İSPARTA KEÇİBORLU YÖRESİ AMORF SİLİKANIN ÖZELLİKLERİ

İsparta Keçiborlu yöresindeki amorf silika oluşumlarının, inşaat sektöründe kullanılabilir endüstriyel bir hammadde olarak değerlendirilmesi amacıyla fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmıştır. Sahadaki Kumludere açık ocağından alınan numunelerin, kırma işlemi sonrası agrega fiziksel özellikler TS 1114e göre analiz edilmiştir (TS 1114. 1986) Ayrıca kırılmış ve boyutlandırılmış amorf silika agregalannın bir bölümü laboratuvar tipi bilyalı değirmende öğütülmüş ve öğütme işleminden elde edilen yaklaşık 100 kg numune, normal - hafif beton analizlerinde katkı maddesi olarak kullanılmıştır. Amorf silika kayacının fiziksel özellikler özetle Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1 Amorf silika kayacının fiziksel özellikleri.

Fiziksel Özellikler	
Renk	Atık krem.
Sertlik (Mohs)	5,5-6
Gerçek Özgül Ağırlık	2,39 ar/cm ³
Kuru Birim Hacim Ağırlığı	630 kg/m ³
Görünür Porozite	%45
Su Cıvımı: (ağırlıkla)	% 50
Isı İletkenlik Deseri (λ)	0.11-0.13 W/m.K.

TS 1114 (hali agregalar-beton için) standardında belirtilen 0-32 mm karışık tane sınıfında-32 mm karışık amorf si I İka agregasında iri ve ince tane grupları ağırlıkça dağılım oranları. 4-32 mm grubu agregası %48. 0-4 irim grubu agregası ise %52 dir.

0-32 mm kırılmış karışık amorf silika agregaları gevşek kuru birim hacim ağırlık değeri. TS 1114 standardı 'hafif agregası birim ağırlıkları' maddesinde öngörülen karışık agregası maksimum gevşek birim ağırlığı değeri olduğunda altında kalmaktadır (Çizelge 2) (TS II14, 1986).

Çizelge 2. Kum lüdere ocağı agregası analizi.

No	TS 1114'egöie karışık agregası	Kumlüdere kırılmış agregası (0-32mm)	
	Kuru Gevşek B.H.A. (Max. kg/tir' i)	Kuru Uevşek B.H.A. (kg/m ³)	Kuru Sıkışık B.H.A. (kn/m ³)
1	IKK)	458.55 fi	488.776
II		539.381	612.362
On		498.969	550.569

Kumlüdere ocağı kırılmış amorf silika agregalarının tane boyutuna göre gerçek porozite. kompasite ve doyma derecesi değerleri ise Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3 Kumlüdere amorf silika agregasının özellikleri

Tam* Buyum (mm)	Gt wiiflör Porn/1 it	GiiniJHir Kıymu'ülL'	Gerçek Pniwit' l/r)	Gerçek Komp.iMIC <*>	Duyma De ret: l'M
12-16	42.318	57.662	65.265	34.735	78.14.1
16-8	46.665	51.135	58.011	41.989	m.1 58
8-4	38.207	61.793	55.345	44.655	64.685
4-2	40.444	59.556	50.229	49.77 1	67.690
2-1	16.671	63.327	49.856	40.144	61.377
1-0.5	28.5 ^o) 1	71.409	53.6.12	46.368	48.106

Amorf silika agregalarında gerçek porozite oranı % 50-65 arasında değişmektedir. Bu durum, amorf silikatu yüksek poroziteli. bol mikro-gözenek yapısına sahip bir kayac olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte gerçek porozite ve görünür porozite oranları arasında %13 ile % 47 arasında bir farkın oluşması, kayac gözenek yapısının bit oranlar dahilinde bağlantısız boşluklu gözenek yapısına sahip olduğunun bir kanıtıdır. Toplam gözenek hacmindeki bağlantısız boşlukta gözenek oranı, kayacın su emme kapasitesi ve ısı iletkenlik (izciliklerine direk etki eden önemli bir faktördür.

Amorf silika ianeleri üzerinde >apılan diğer bir analiz de. amorf silikanın farklı sıcaklıklarda davranışı ve ateşe dayanıklılık (kızdırma kaybı) deneyidir (TS 11 14). Amorf silika <2 mm boyutunda) numunelerinin ateşe dayanıklılık deneyi. 1200°C sıcaklığa ulaşabilen. ±5°C sıcaklık a>arlı yüksek fırın ile yapılmıştır. Elde edilen verilerden yararlanılarak, amorf silikanın sıcaklık değişimine bağlı yapısal bozunma ve kütlece kızdırma kaybı oranı incelenmiştir. Bu bağlamda amorf silikanın I S 1114 standardında belirtilen 1000 °C deki kütle kaybı % 0.883 . deneyde ulaşılan 1180 °C de ise </< 0.993 olarak hesaplanmıştır. TS 1114 de. hall' agregaları için kütlece maksimum kızdırma kaybı % 5'dir (TS 1114. 1986). Bu durumda amorf silikanın kütlece kızdırma kaybı oranı standartlara uygundur. Ayrıca deneyde uygulanan sıcaklık aralıklarında (20 °C - M 80 °C arası) amorf silika numunesinde renk değiştirme, akma yapısı ve yapışma gibi sıcaklığa bağlı yapısal bozunma belirtileri gözlenmemiştir. Sıcaklık değişimine bağlı yapısal bozunma. açık bir şekilde fark edilememektedir. Bununla birlikte 880 °C'de kütle kaybının oransal olarak bir miktar artış gösterdiğini, yani minimum düzeyde de olsa yapısal bozunma sürecinin bu sıcaklık eşliğinde başladığını söylemek mümkündür

Amorf silika sığundan alınarak agregası haline getirilen malzemenin bir miktarı, laboratuarda titreşimli elekten boyut artırılmış ve <3 mm boyutundaki ince agregası grubu 105°C lik etüvde kurularak laboratuvar tipi bilyalı değirmende sabit süre. şarj ve devirde öğütül m üstü r. Mikronize tozların partikül boyut analizi Başer Madencilik San. A.!). Laboratuvarına yaptırılmıştır. Beton dayanım katkı maddesi olarak mikronize amorf silikanın partikül dağılımı irdelendiğinde, maksimum partikül boyutunun 222 (J ve ortalama partikül boyutunun 18u. civarında olduğu görülmektedir. Partikül boyut dağılımının, özgül yüzey alanı (blainc). puozioanik aktivite ve beton İçerisinde yığılmasına gibi beton dayanımına olumlu ya da olumsuz yönde etki eden malzeme teknik parametrelerini belirlediği bilinmektedir. Bu açıdan deneyde kullanılan mikronize amorf silikanın maksimum partikül boyutu (222 u) ve ortalama partikül boyutu (18 u), Yeni Zelanda Microsilica Ltd. Şti'nin ürünü ile karşılaştırıldığında daha iri partikül boyutuna sahiptir (Anonim. 2001). Mikronize ürün partikül boyutunun <50 u. ve ortalama partikül boyutunun 5 fi civarında tasarlanması, kullanım aşamasında daha az yığılma ve daha homojen beton karışımı elde edilmesini, dolayısıyla ürünün beton dayanım. kimyasal direnç ve diğer performanslarına etkisinin artmasını sağlayacaktır. Amorf silika numunelerinin kimyasal analizleri Çizelge 4'de verilmiştir:

Çizelge 4. Amorf silikaların kimyasal bileşenleri

Kimyasal Bileşenler	Numune 1 (Kumluçdere)	Numune 2 (Değirmendere) (%)
SiO ₂	92,48	90,84
Al ₂ O ₃	2,60	2,66
TiO ₂	1,34	1,24
Fe ₂ O ₃	0,09	0,15
Mn ₂ O ₃	0,00	0,00
CaO	0,31	0,18
Na ₂ O	1,08	1,12
K ₂ O	0,04	0,04

Çizelge 4 incelendiğinde, her iki amorf silika numunesinin birbirine oldukça yakın kimyasal bileşenlere sahip ve silisyum dioksit içeriklerinin oldukça yüksek değerler arz ettiği görülmektedir. CaO, MgO, Na₂O ve K₂O alkali ve toprak alkallerin oksit bileşenleriyle. SO₃ in düşük oranda yer alması, betonda alkali-agrega reaksiyonu ve sülfat etkisi bakımından önem taşımaktadır. TS 1114

standardına göre lialf agregalarda sülfat içeriğinin ağırlıkça %1'den çok olmaması istenmektedir (TS 1114, 1986). Sülfat içeriği bakımından her iki amorf silika numunesi de TS 1114 standardına uygundur. Ayrıca Çizelge 5'de Keçiörlü amorf silikası. TS 23 standardına göre doğal puzolanlar sınıfında yer alan trasda ve TS 639 standardına göre uçucu küllerde istenilen kimyasal özellikler ile karşılaştırılmıştır (TS 25, 975 - TS 639, 1975).

TS 25 standardı ölçül kabul edilerek. Çizelge 4 \ Çizelge 5 incelendiğinde Kumluçdere-Değirmendere amorf silika kayaçlarının oldukça kaliteli doğal puzolan sınıfı bir malzeme olduğunu söylemek mümkündür. Ayrıca TS 639 uçucu kül kimyasal özelliklerini de fazlasıyla sağlamaktadır. TS 25'e göre Göl tas. Çimento A.S. Kalite Kontrol Laboratuvarında yapılmış olan. puzolan i k aktivite deney bulguları Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 5 Keçiörlü amorf silika kimyasal bileşenlerinin, doğal puzolan sınıfında yer alan trasda (TS 25) ve uçucu küllerde (TS 639) aranan kimyasal özellikler ile karşılaştırılması.

Kimyasal Bileşen		Tras (%)	U.Kül %	Kumluçdere	Değirmendere
SiO ₂ -f-AbO ₂ -Fe ₂ O ₃	En az	70	70	95,17	93,65
Al ₂ O ₃	En çok	5	5	0,00	0,00
SO ₃	En çok	3	5	0,09	0,06
Kızdırma Kavı	En çok	-	10	1,85	3,51

Çizelge 6 Mikronize amorf silikanın puzolanlık aktivite ve özgül yüzey analiz bulguları.

Puzolanlık aktivite	
Blaine	12.124 cm ² /g
İncelik	200µ
	90µ
Özgül Ağırlık	2,32 s/cm ³
Dansite	920 g
Beton Sonuçları	
7 sun sonunda eğilme dayanımı	1,6 N/mm ²
7 Rim sonunda basınç dayanımı	11,9 N/mm ²
(TS 25'e göre 7 gün sonunda eğilme dayanımı minimum 1,0 N/mm ² ; basınç dayanımı minimum 4,0 N/mm ² olmalıdır.)	

Mikronize amorf silika numunesi puzolanlık aktivite ve özgül yüzey (blaine) deneyleri. GÖLTAŞ A.Ş. Kalite Kontrol Laboratuvarına yaptırılmıştır. Deneyler sonucunda mikronize amorf silika 7 günlük eğilme ve basınç dayanım değerlerinin. TS 25 standartlarına uygun olduğu belirlenmiştir. Ayrıca mikronize amorf silika numunesinin özgül yüzey alanı. (Göltaş) portland çimentosu özgül yüzey alanı değeri ile karşılaştırıldığında, numunenin çimentoya göre 4 kat daha ince olduğu görülmektedir.

5 AMORF SİLİKANIN BETONDA PUZZOLAN OLARAK KULLANIMI

Amorf silika yüksek derecede reaktif bir puzolanıdır. Puzolanlar kohezif. dış ortamlara dayanıklı, ekonomik ve yüksek performanslı beton üretmek için kullanılırlar. ASTM C 618'e göre puzolanlar kendi başına bağlayıcı özelliği çok az olan veya hiç olmayan, fakat doğal yapıları gereği veya öğütülme sonucu çok ince taneli duruma getirildiklerinde ve rutubetli ortamlarda kireç (kalsiyum hidroksil) ile reaksiyona girerek bağlayıcı özellikteki bileşenlerin oluşmasını sağlayan silisli veya alüminli malzemelerdir (ASTM C-61K).

Betonda puzzolanlar, çimentonun hidratasyonu sonucu ortaya çıkan sönmüş kireci kullanarak bağlayıcı ürünler oluştururlar. Portland çimentosuna ilave edildiği zaman, yüksek dayanımlı betonlarda genellikle şu özelliklerin daha etkin kıldığı tecrübe edinilmiştir;

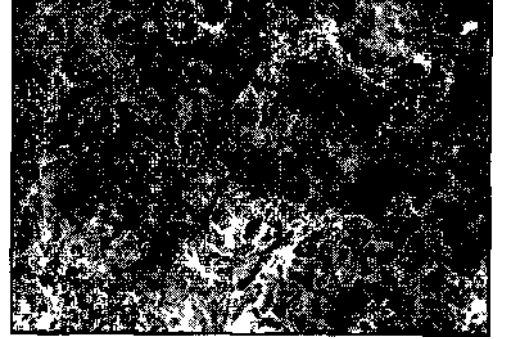
- Çok düşük klorit iyon difüzyonu.
- Basınç dayanımında artış.
- Su geçirimsizlikte azalma,
- Aşınma direncinde artış.
- Kimyasal etkileşim direncinde artış.
- Jeotermal ortamdaki dayanıklılıkta artış,
- Çiçeklenmede azalma (Anonim, 2001).

Amorf silikanın yüksek performanslı beton eldesinde kullanımı. 3 temel mekanizmayla sağlanabilmektedir:

1. Amorf silikanın çok ince tanecikleri, çimento partikülleri arasındaki mikroskobik boşlukları doldurabildiği için, beton mikro yapısında geçirgenliği azaltır. Üretim işlemi en uygun tane boyutu ve dağılımı gerçekleştirir.
2. Çimento hidratasyonu sürecinde açığa çıkan serbest kalsiyum hidroksit, ilave kalsiyum silikat üretmek için amorf silika ile tepkideğinde puzzolanik reaksiyon oluşur.
3. İnce partikül boyutu beton sızdırmazlığı azaltır ve çimento pastasıyla agrega ara yüzeyinde bağ gelişimine yardımcı olur.

Yukarıda özetle tanımlanan bu olguların detaylı incelemesini yapabilmek ve geleneksel beton uygulamalarında bu etkileri irdeleyebilmek amacıyla. Keçiözümlü yöresi amorf silika oluşumlarının beton katkı maddesi (doğal puzzolan) olarak kullanılabilirliği bir dizi deneysel çalışma ile analiz edilmiştir.

Keçiözümlü Kumludere ocağından alınan amorf silika numuneleri, darbeli tip bir kırıcıda 32 mm boyut altına kırılarak, 105 °C de 24 saat süreyle etüvde kurutulmuş ve değişmez sabit ağırlığa ulaşan 3 mm boyut altı agregalar laboratuvar tipi bir bilyalı değirmende öğütülmüştür. Öğütme süresi ve şarjı sabit tutularak 100 mikron boyut altına öğütülen amorf silika, normal beton karışımı hazırlanmasında doğal puzzolan olarak kullanılmıştır (Şekil 1).



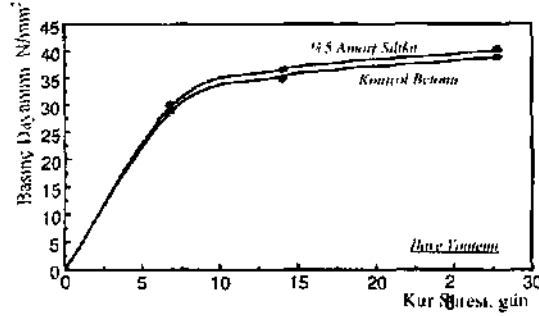
Şekil 1. Kumludere kayacının mikroyapısı (SEM. k \ 490)

Amorf silikanın normal beton dayanımına etkisinin tayini analizinde İsparta Belediyesi Diyadin Taş ocağından üretilen kalker agregası ve PC 42.5 portland çimentosu kullanılmıştır. Beton karışımı kontrol ve katkılı beton olarak iki farklı reçete esas alınarak hazırlanmıştır. Her iki karışım da amorf silikanın beton dayanımına etkisinin saptanabilmesi için çimento, su, agrega karışım oranları ve karışım süresi sabit tutulmuştur.

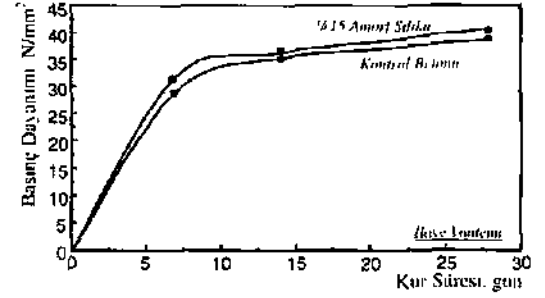
Amorf silikanın geleneksel beton içerisinde dayanım etkinliğinin analizi amacıyla, amorf silikanın beton içerisinde kullanılması açısından iki temel karışım oranlama metodu uygulanmıştır. Bunlar:

1. Amorf silikanın ince agrega olarak kullanılması (ilave metodu),
2. Çimentonun yerine kısmi olarak amorf silikanın kullanılması (basit ikame metodu) dir.

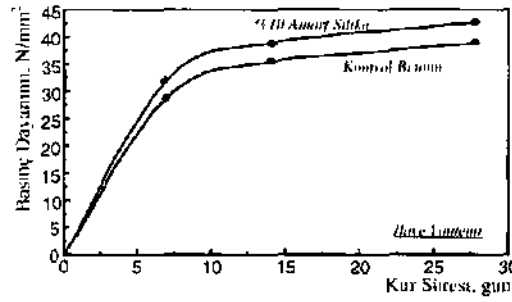
Amorf silikanın, ince agrega olarak kullanılması (ilave metodu) metodunda, karışım da kullanılacak çimento miktarında herhangi bir azaltma yapılmaksızın amorf silika, beton karışımına ilave edilir. Bu şekilde, betonun etkin bağlayıcı miktarı artırılmış olacaktır. Ayrıca agrega miktarındaki değişikliklerle karışımın kullanılacağı uygulamanın özelliğine göre olarak bir takım düzenlemeler de yapılabilmektedir. Bu olgunun analizi için, 15 cm çapında ve 30 cm yüksekliğinde silindirik numune kalıpları kullanılarak 300 çimento dozajında ve çimento ağırlığının %5, %10 ve %15 oranlarında amorf silika karışımı beton örnekleri dökülmüştür. Ayrıca, aynı çimento dozajına sahip, bir seri de amorf silika katkısız kontrol betonu örnekleri dökülmüştür. Elde edilen bu numuneler, 7, 14 ve 28 günlük kür sürelerinde basınç dayanım analizleri yapılmıştır. Deneysel bulgular Şekil 2 ve Şekil 4'de verilmiştir.



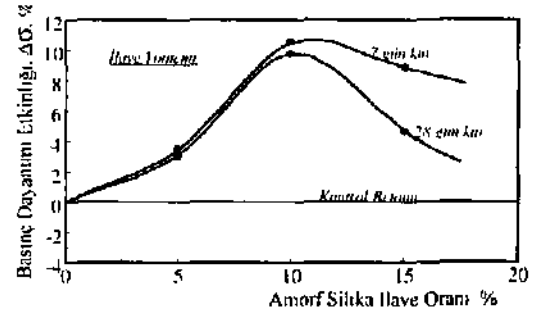
Şekil 2 Amorf silikalı belort örnekleri davtuum analizi.



Şekil 4. Amorf silikalı beton örnekden dayanım analizi



Şekil 3. Amorf silikalı beton örneklerinin dayanımı



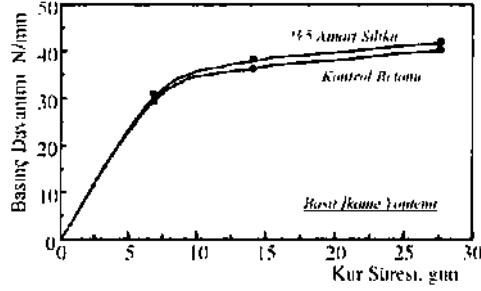
Şekil 5 Amorf silika ilave oranı - beton basınç dayanımı etkinliği ilişkisi

Şekil 2 ve Şekil 4 irdelendiğinde görüleceği gibi, amorf silika katkılı beton Örneklerinin basınç dayanım değerlerinin, kontrol betonuna göre daha iyi olduğu gözlenmektedir. Burada, amorf silikanın puzzolanik reaktifliği sebebiyle, ince tokların dolgu mekanizması ve agrega ara yüzeylerindeki bağın gelişimi ile betonun dayanımını artırdığı gözlenmiştir. Amorf silika ilavesi, 7, 14 ve 28 günlük beton dayanım değerlerini düşürmemiş ve betonun basınç dayanımında önemli artışlar olduğu belirlenmiştir. Ancak, amorf silika ilavesinin, belirli bir kullanım miktarına kadar betonun dayanım artışına etki ettiği gözlenmiş olup, bu miktardan daha fazla karışımda kullanılması durumunda ise, betonun dayanım artışındaki etkisinin azaldığı tespit edilmiştir. Bu amaçla, amorf silika ilavesinin hangi orana kadar katkı maddesi olarak ilave edilebileceği, grafiksel bir analizle belirlenmeye çalışılmış olup, ilave oranının beton basınç dayanımındaki artış etkinliği (Aal yüzdesel olarak değerlendirilerek irdelenmiştir. Bu amaçla yapılan analiz bulgusu, Şekil 5'de verilmiştir.

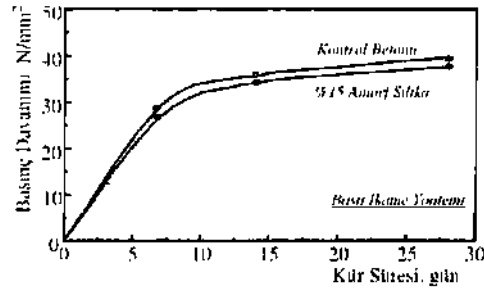
Şekil 5'de görüldüğü gibi, %10.5'lik amorf silika ilavesi, betonun basınç dayanımındaki etkinlik değeri olarak tespit edilmiştir. Bu olgu, 7 ve 28 karakteristiği sergilemektedir. Diğer bir deyişle, karışımda kullanılan çimento ağırlığının %10.5 den daha fazla miktardaki amorf silika ilavesi, beton dayanım değeri açısından kontrol betonuna göre daha iyi bir dayanım değeri göstermesine rağmen, ekonomik açıdan avantaj sağlamamaktadır.

Çimentonun yerine kısmi olarak amorf silika kullanılması (basit ikame) metodunda, çıkartılan Portland çimentosunun yerine çıkartılan çimento miktarı kadar amorf silika koyulması (bir miktar çimentonun aynı miktardaki amorf silika ile yer değiştirmesi) esas uygulanmıştır. Bu metoda göre, amorf silikanın beton dayanımına katkısı, etki süresi veya bir etkinlik faktörü olarak ölçümlenebilmektedir. Amorf silikanın etkinliği, basınç dayanımını muhafaza ederek, mikro silika dozajının yer değiştirebildiği çimento miktarına oran olarak tanımlanabilmektedir. Bu olgunun analizi için, 15 cm çapında ve 30 cm yüksekliğinde silindirik numune kalıpları kullanılarak 300 çimento dozajında ve çimento ağırlığının %5, %10 ve %15 oranlarındaki mikronize amorf silika miktarı,

çimento ile yer değiştirilerek elde edilen beton örnekleri dökülmüştür. Av rica. aynı çimento dozajına sahip, bir seri de amorf silika katkısız kontrol betonu Örnekleri dökülmüştür. Elde edilen hu numuneler, 7, 14 ve 28 günlük kür sürelerinde basınç dayanım analizleri yapılmıştır. Deneysel bulgular Şekil 6 ve Şekil 7'de verilmiştir.



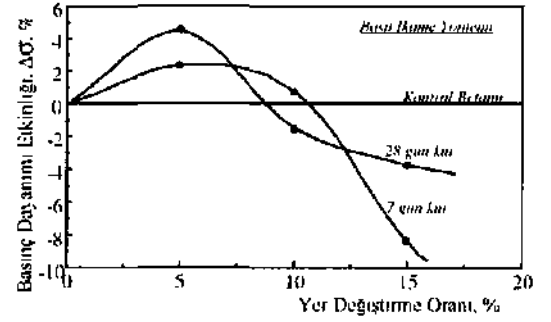
Şekil 6 Amorf silikanın çimento yerine kullanımı analizi (ağırlıkça %5 yer değiştirme)



Şekil 7. Amorf silikanın çimento yerine kullanımı analizi (ağırlıkça %15 yer değiştirme)

Şekil 6 ve Şekil 7 irdelendiğinde, beton karışımlarında amorf silikanın çimentonun yerine kısmi olarak % 5 ve %10 oranlarında kullanılması durumunda, beton örneklerinin basınç dayanım değerlerinde, kontrol betonuna göre bir iyileştirme oluşturduğu gözlenmektedir. Ancak, %15'li kısmi kullanımı durumunda ise, normal beton dayanımından daha düşük bir değerde olduğu belirlenmiştir. Bu da, karışımda vijis.au silika paniktilerinin muhtemel alkali-agrega reaksiyonu sonucu beton performansında bir düşmesinin meydana gelebileceğini göstermektedir. Bu nedenle, mikronize amorf silikanın beton karışımlarında kısmi olarak çimento yerine ne ölçütlerde kullanılması gerektiği analiz edilmesi gerekli bir husus olmaktadır. Bu amaçla, amorf silikanın beton karışımlarına yer değiştirme oranına karşılık, elde edilen betonun katkısız kontrol betonuna göre ne kadarlık bir dayanım artışı

sağladığı, dayanım etkinliği (Aa) parametresi ile \iizdesel olarak tanımlanmıştır. Deneysel incelemelerde elde edilen bulgularla, yapılan grafiksel analizlerde, amorf silika yer değiştirme oranı optimum değer olarak tespit edilmiştir (Şekil 8).



Şekil 8 Amorf silika yer değiştirme oranı - basınç dayanımı etkinliği analizi

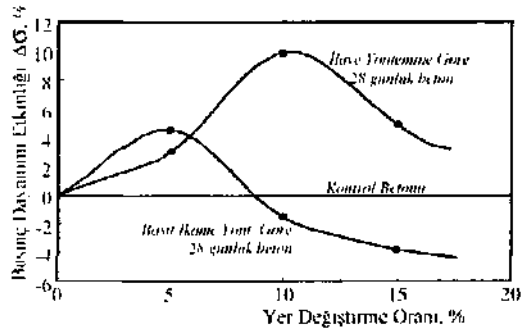
Şekil 8'de görüldüğü gibi, amorf silikanın beton karışımında dayanımı düşürmeksizin, çimento ile yer değiştirmesinde en etkin oran, 7 günlük beton örnekleri için CA\, 28 günlük beton örnekleri için ise %S.5 olarak belirlenmiştir. Bu oranlara göre, karışımda yer değiştirilen amorf silika miktarı ve yer değiştirebildiği çimento miktarları belirlenerek, amorf silikanın kısmi kullanım etkinliği bir faktör olarak tanımlanabilmektedir. Yapılan laboratuvar analizlerine göre, mikro silika kullanımı için etkinlik faktörü 2.21 olarak belirlenmiştir. Bu değer, BRANZ'ın 1999 yılında Yeni Zelanda Tikiterc amorf silika oluşumları için yaptığı deneysel sonuçlarla da benzerlik göstermektedir (Anonim,(b). 1999). Tikiterc amorf silikanın betonda elde edilen etkinlik faktörleri, farklı beton uygulama koşulları için Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7 Tikiterc amorf silikanının beton uygulamaları için etkinlik I aktörü (Anonim(h). 1999).

Uygulama	Ortalama Dayanım N/mm²	Etkinlik Faktörü
F. ndüstmel Döşemeler	55	2.5
Köprü İnşaatı	53	2.8

Yüksek performanslı betonda amorf silika kullanımı, ekonomiklik ve hızlı üretim için başrol oynayabilecek bir malzemedir. Amorf silika beton kullanımının genel olarak sağlayacağı yararlar şu şekilde özetlenebilir: Daha ince kesitli elemanlar üretilebilir. Daha düşük malzeme maliyetleri kullanılacaktır. Yapı elemanlarının birim ağırlıkları azalacak ve dolayısıyla yapıların ölü ağırlıkları düşecektir. Daha hızlı bir beton üretimi

yapılabileceği gibi, donatılı betonlarda daha az donatı yerleşimi ve düşük maliyeti sağlayacaktır. Bu ve benzeri avantajları sağlayabilmek için, amorf silikalı bir betonda, amorf silikamın bu makalede vurgulanan hangi yöntemle göre kullanılmalıdır. Diğer bir deyişle, mikronize amorf silikayı, beton dayanımı daha iyi sınırlarda artırmak ve buna bağlı olarak gelişen avantajlarından yararlanmak amacıyla, nasıl kullanılması gerektiği detaylı analiz edilmelidir. Amorf silikamın ilave yöntemine göre mi, yoksa basit ikame yöntemine göre kullanılması hususu analiz edilmiş ve değerlendirme grafiksel olarak Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 9 Amorf silikamın y önlemlere göre kullanım analizi.

Şekil 9'da görüldüğü gibi, beton dayanımının etkinliği açısından ilave yöntemine göre amorf silikamın ince malzeme olarak beton katkısında kullanılması daha uygun görülmektedir.

6 SONUÇ

Kıvımdere ve Değirmenderesi amorf silika kavaçları oldukça kaliteli, doğal puzzolan sınıfına dahil edilebilir. Kayacın fiziksel (birim hacim ağırlık, özgül yüzey alanı, ptuzolanik aktivite vs.) ve kimyasal (kimyasal bileşenler,

kızdırma kaybı, amorf silika içeriği vs.) Özellikleri, beton mineral katkı maddesi olarak kullanım amacına uygundur.

- İlave metoduna göre normal betonda katkı maddesi olarak kullanılan amorf silikamın etkin kullanım oranı çimentonun ağırlıkça % 10.5'i olarak belirlenmiştir.
- İkame metoduna göre etkin kullanım oranı ise çimento oranının ağırlıkça % 8.5'i olarak tespit edilmiştir.
- Keçiborlu amorf silikalarının etkinlik faktörü 2.21'dir. Bu değer uçucu küllere göre oldukça (0.25 - 0.5) yüksek bir avantaj sağlamaktadır.
- Optimum Öğütme tasarımı yapılarak, özgül yüzey alanını, dolayısıyla ürünün mineral katkı maddesi olarak etkinliğini artırmak mümkündür.
- Bu amaçla kayacın ekonomik olarak Öğülebilenlik kriterlerinin, maliyet analizleri de dikkate alınarak belirlenmesi gerekmektedir.
- Ekonomik olarak üretilebilecek optimum partikül tane boyutlarına göre ilave ve ikame kullanım oranları, etkinlik faktörü yeniden belirlenmelidir.

REFERANSLAR

- Autumn, 1975. *Com reif Pri/ilitts*. March. USA.
- Anonim (a). 1999. *New Zealand's Official Statistical Agency. Annual Reports of Energy and Minerals*. New Zealand.
- Anonim (b). 1999. *BRANZ (Building Research Association of New Zealand) Test Reports No MS 6(11)*. USA.
- Anonim. 2000. *Beril Ltd Şu. Yıllık Faaliyet Raporları*.
- Anonim. 2001. *Product Brochures of Gulden Bav Çemeni & Mitosilia Ltd.*. USA.
- ASTM C-618. 1978. *Specifications for Fly Ash and Calcined Natural Pozzolan for Use as Mineral Admixture in Portland Cement*. USA.
- Kayserili V. Topaloğlu M. 1990. *Türk Maden Hukuku ve Yeraltı Zenginlikleri Mevzuatı*. Ankara.
- TS 1114. 1986. *Belan için Hafif Agregahır*. Şubat. Ankara.
- TS 25. 1975. *Tras*. Nisan. Ankara.
- TS 639. 1975. *Ucum Kütler*. Ankara.

Kalsiyum Borat Analizlerinde Gelişmeler

M.Köklü, Ö.Özyetiş, D.Maraşlıoğlu, E.Yavuklu, B.Çelen, T.Tufan & M.Gündüz
Eti Holding A.Ş. Ar-Öe Dairesi Başkanlığı 06790 Güvercinlik, Ankara, Turkey

ABSTRACT: Since Turkey has the largest boron reserves in the world, many investigations on boron have been made in Turkey. Although many studies have been reported on sodium borate analysis in the literature, a few analysis methods for calcium borates have appeared. Therefore, in the present study calcium borate mineral was used in the analysis methods which were developed by means of volumetric, gravimetric and spectroscopic (Flame A.A.S. and XRF) methods. In the present study, volumetric analysis were carried out for CaO and gravimetric for SiO_2 . In addition, spectroscopic analysis of CaO , MgO , Fe_2O_3 , Na_2O , SrO , Al_2O_3 , carried out by flame atomic absorption spectrometry. The analysis results obtained from volumetric, gravimetric and spectroscopic methods were compared with X-ray fluorescence results. Rock and mineral analysis require high accuracy and precision, take a long time and are wearisome. The wet methods developed need a certain time even for ordinary controls. Instrumental analysis methods are widely used make use of advanced instruments whose adjustments, calibrations and calculations computerized. The methods are easy, fast and give high precision results.

ÖZET: Dünyanın en büyük bor madeni yataklarına ülkemizin sahip olması nedeni ile bor konusunda çok sayıda araştırmalar yapılmıştır. Literatür incelendiğinde sodyum boratları için analizler konusunda pek çok çalışmaya rastlanmasına rağmen, kalsiyum boratları için analiz yöntemlerine rastlanmamıştır. Bu eksikliği gidermek amacıyla kalsiyum borat cevheri kullanılmıştır. Analiz yöntemleri, volumetrik, gravimetrik, spektroskopik (Alevli A.A.S ve XRF) yöntemleri kullanılarak geliştirilmiştir. Bu çalışmada B_2O_3 volumetrik, SiO_2 gravimetrik, CaO , MgO , Fe_2O_3 , Na_2O , SrO , Al_2O_3 Alevli Atomik Absorpsiyon cihazı ile spektroskopik olarak analizleri yapılmıştır. Volumetrik, gravimetrik ve Spektroskopik yöntemlerle yapılan analizler X Işını Floresans Spektroskopik yöntemlerle karşılaştırılmıştır. Yüksek oranda kesinlik ve doğruluk gerektiren kayaç ve mineral analizleri uzun ve yorucu bir çalışma gerektirmektedir. Geliştirmiş olduğumuz yaş yöntemler rutin kontroller için dahi belirli bir süre gerektirmektedir. Enstrümantal analiz yöntemleri: ayarlar, kalibrasyonu ve hesaplamaları tümüyle bilgisayar programları ile yapılan geliştirilmiş cihazlarla yaygın olarak kullanılmaktadır. Yöntemler basit, hızlı ve yüksek hassasiyette değerler vermektedir.

1 GİRİŞ

Bor dünyada en yaygın kullanım alanına sahip olan elementlerin başında gelmektedir. Doğada yaklaşık 230 çeşit doğal bor minerali bulunup bunlardan ticari değere sahip olanları: tinkal, kolemanit, uleksit, probertit, borasit, pandermit, szyabelit, hidroborasit ve kernil'tir.

Literatür araştırmaları/sonucunda $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ boratlarına ait kimyasal analizler konusunda pek çok çalışma yapılmıştır. Rastlanmasına rağmen kalsiyum boratları için herhangi bir çalışmayla karşılaşılmamıştır. Bu nedenle sodyum boratlarına

uygulanan metodun kalsiyum boratlarına uygulanabilirliği hakkında çalışma yapılmıştır.

Bu çalışmada bor yataklarından elde edilen 20-50 mikron boyutuna öğütülmüş 105°C 'de 4 saat kurutulmuş kolemanit ($2\text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) minerali ve National Bureau of Standards Reference Material 1835 Borate Ore kullanılmıştır.

CaO volumetrik, SiO_2 gravimetrik, MgO , Fe_2O_3 , Na_2O , SrO , Al_2O_3 Alevli Atomik Absorpsiyon cihazında spektroskopik olarak analizleri yapılmıştır. Volumetrik, gravimetrik ve Alevli Atomik Absorpsiyon Spektroskopik yöntemlerle yapılan analizler X Işını Floresans Spektroskopik yöntemlerle karşılaştırılmıştır.

Gelinen teknolojiye paralel olarak hassas ve hızlı analiz yapan enstrümantal sistemler geliştirilmiştir <XRF, Alevli AAS>. Yöntemler, cevher zenginleştirmede değişik proses kademelerinde kontrol elementlerinin, jeolojik çalışmalarda kayaç yapıcı ana ve tali elementlerin analizleri için yaygın olarak kullanılır.

Alevli Atomik absorpsiyon spektroskopisi, elektromanyetik ışımının serbest atomlar tarafından absorpsiyonuna dayanan bir metottur. Fluoresan X-ışını spektroskopik analiz metodu, bir malzeme tarafından yayınlanan ikincil X-ışını ile dalga boyu ve şiddeti ölçülerek kalite ve kanlitatif element analizinin yapıldığı tahribatsız bir analitik yöntemdir.

Bazı XRF cihazlarında, lokal analiz adı altında bir menu bulunmaktadır. Bu menüde numune, öğütülmeden orijinal haliyle analiz edilebilmektedir. Lokal analiz, nokta ve mapping olmak üzere iki tiptir. Nokta analiz, seçilen noktadaki yüzde bileşimi vermektedir. Mapping analizi ise mineralin yaklaşık yapısını tahmin etmeyi sağlamaktadır. Bu şekilde bir ölçüde XRD cihazı görevi yapmaktadır.

XRF ve Alevli AAS nin uygulama alanları, çok sayıda numunenin hızlı ve doğru olarak tekrarlanabilir analizlerini yapma imkanı sağlaması nedeniyle hızla artmaktadır.

1 VOLUMETRİK, GRAVİMETRİK, ALEVLİ ATOMİK ABSORPSİYON SPKKTROMETRESİNDE YAPILAN ANALİZLER

/, / Bor Oksit Miktarı Tayini (Volumetrik)

Bu yöntem, % den yüksek B₂O₃ içeren kalsiyum boratlara uygulanır. Hidroklorik asit ortamında çözülmüş deney numunesi, mannitol veya gliserinli ortamda ve fenil'talein belirteci karşısında, ayarlı sodyum hidroksit çözeltisi ile titre edilir.

Deney numunesi bir behere alınır, yaklaşık olarak 50 ml kavnamış saf su ve 5 ml derişik HCl ilave edilir. Beherin üstü saat camı ile kapatılarak elektrikli ısıtıcı üzerinde 2-3 dk ısıtılarak (kaynamamasına dikkat edilerek) numune çözülür. Oda sıcaklığına kadar soğutulur. 3-4 damla metil kırmızısı belirteci damlatılarak 6 N NaOH çözeltisi ile nötrleştirilir. (Çöktürme lam olduğunda çökelek hafifçe kırmızı ve çözelti sarıdır. pH 5.4-6.0 arasında olmalıdır.). Çözelti elektrikli ısıtıcıda ısıtılır, saat camı yıkanarak üzerinden alınır. Siyah band süzgeç kağıdından 500 ml'lik erlene süzülür. Süzgeç kağıdındaki çökelek sıcak saf su ile 6-7 kez yıkanır. Çökelek atılır, huni erlenin üzerine yıkanır. Çözelti birkaç damla 0.5 N HCl ile asidik yapılır. Kendi halinde soğumaya bırakılır. Soğuduktan sonra bir

damla 0.5 N NaOH ile renk dönümü sağlanarak, dönüm noktası temin edilir. Yaklaşık 15 gram mannitol (yada 1/1'lik gliserin çözeltisinden 50 ml) ve 8-10 damla feniltalein belirteci ilave edilerek ayarlı 0.5 N NaOH çözeltisi ile açık pembe renk görülünceye kadar titre edilir. 5gram mannitol (yada gliserin çözeltisi) ilave edilir. Renk değişmiyorsa iilrasyona son verilir. Renk değişiyorsa açık pembe renk sahil kalana kadar titrasyona (pH 8.2) devam edilir. NaOH sarıyalı not edilir. Aşağıdaki eşitlikten %B₂O₃ hesaplanır.

$$\%B_2O_3 = \frac{F \times S \times 0.017405 \times 100}{T}$$

F = 0.5 N NaOH faktörü

S = 0.5 N NaOH sarıyatı (ml)

T = Numune tartımı (g)

1 ml 0,5 N NaOH 0,017405 g B₂O₃e karşılık gelir.

1.1 Silisyum Dioksit, Kalsiyum Oksit, Magnez, Alüminyum Oksit, Stronsiyum Oksit ve Sodyum Oksit Miktarları Tayini /Gravimetrik, Alevli AAS)

Deney numunesinden 600 ml'lik beherlere 0,0001 g hassasiyetle 1 g civarında tartım alınır. Üzerine 10 ml HNO₃ 30 ml HCl ilave edilir. Saat camı kapatılarak elektrikli ısıtıcı üzerinde kuruluğa gidilir. Kuruduktan sonra 10 dakika kızdırılır. Behere 15 ml HCl ilave edilerek tekrar kuruluğa gidilir. 15 ml HCl ve 50 ml metil alkol ilave edilerek kuruluğa gitme işlemi tekrarlanır. Bu işlem B₂O₃ ortamdan tamamen uzaklaştırılana dek yapılır. Deney numunesi bor trioksit (B₂O₃) cinsinden ifade edildiğinde %5'den daha düşük oranda bor içeriyor ise, borun analizi bozucu etkisi yoktur. Böyle durumlarda metil alkol kullanılması gerekmemektedir. Bor ortamdan uzaklaştırılıp, numune kuruduktan sonra 1 saat kızdırılır. Behere 30 ml HCl ve 175 ml saf su ilave edilerek bir süre ısıtılır. 20 - 25 dk dinlendirilir. Daha sonra 500 ml lik balon jöjelere beyaz banyo süzgeç kağıdından süzülür. Süzüntü diğer elementlerin yüzdeleri bulmak için deney numunesi olarak muhafaza edilir. Beherin içi bagellenerek sıcak saf su ile iyice yıkanır ve süzgeç kağıdına aktarılır. Süzgeç kağıdı ve üzerindeki çökeltili sıcak hidroklorik asit (1 + 1) çözeltisi ile yıkanır.

Platin kroze, elektrikli fırına konular ve sıcaklık 1000°C ye yükseltilir. 30 dakika süre ile bu sıcaklıkta kızdırılır. Bu süre sonunda platin kroze kapağı ile kapatılır desikatöre alınır, oda sıcaklığına ulaşana dek soğumaya bırakılır ve 0.0001 g

duyarlılıkla tartılır (m₁). Platindeki kalıntı 3-4 damla su ile ıslatılır. 1 ml H₂SO₄ (c 20 ml H₂O) kaulır. Platindeki kalıntılar bir çeker ocaktaki elektrik ocağında kuruluğa kadar buharlaştırılır. IKSO₄ dumanlarının tamamen ortamdaki uzaklaştırılması sağlanır. Platin krozenin kapağı örtülerek 1000°C de tutulan elektrikli fırında 15 dakika tutulur, desikalöre alınır, oda sıcaklığına ulaşana dek soğumaya bırakılır ve 0.0001 g duyarlılıkla tartılır (m₂). Aşağıdaki eşitlik ile % SiO₂ hesaplanır,

$$\% SiO_2 = \frac{m_1 - m_2}{m} \times 100$$

m = Deney numunesinin ağırlığı, g
m₁ = Platin krozc içerisindeki kalıntının hidrofluorik asit ile uçurulması işleminden önceki toplam ağırlığı, g
m₂ = Platin krozc içerisindeki kalıntının hidrofluorik asit ile uçurulması işleminden sonraki toplam ağırlığı, g

Silis sızülmesinden arta kalan çözelti alevli atomik absorpsiyon spektrometresinin hava-asetilen veya niroz-asetilen alevine gönderilerek çizelge l'de verilen dalga boylarında absorbanları ölçülür. Kalibrasyon çözeltilerinin absorbanları dikey eksene, bu değerlerin karşılığı olan element miktarları ppm cinsinden yatay eksene işaretlenerek bir kalibrasyon eğrisi çizilir. Deney çözeltisinin absorbanı ile konsantrasyonları bilinen kalibrasyon çözeltilerinin absorbanları mukayese edilerek elementin miktarı ppm olarak bulunur ve elementin oksit yüzdesine aşağıdaki eşitlik ile geçilir.

$$c = \frac{A \times V \times n}{10000 \times m} \times f$$

c : Deney numunesinin element oksit yüzdesi.

A : Kalibrasyon eğrisi yardımıyla tayin edilen element miktarı (ppm)

V :Absorbans ölçmelerinde kullanılan son dene; çözeltisini ihtiva eden ölçülü balonun hacmi, ml

m : Deney numunesinin ağırlığı, g

f : Elemenden oksile geçiş faktörü

Tablo 2. Analizi yapılan elementlerin ölçüm dağılımı

ELEMENT	DALGA BOYU (nm)
Kalsiyum	239,9
Magnezyum	202,6
Alüminyum	309,3
Demir	248,3
Stronsiyum	460,7
Sodyum	330,2

Yukarıdaki analiz yöntemleri ile sekiz adet kolemanit ve bir adet National Bureau of Standards Reference Material 1K35 Borate Ore numune analizleri yapılmış olup sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo-1 Sekiz değişik kolemanit ve NBS 1835 numunelerinin analiz sonuçları

%	B ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MnO	SrO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	NiO
S 1(11)	1.25	44.99	9.38	1.17	0.10	3.99	1.70	0.36
Srd2	5.87	40.21	10.66	1.14	0.12	3.40	1.66	0.52
Srd3	9.33	35.10	[3.66	1.01	0.14	3.03	1.51	0.61
Srd4	15.15	26.45	19.14	0.76	0.21	2.31	1.19	0.50
Srd5	30.43	13.61	23.22	0.39	0.29	1.07	0.27	0.28
Srd6	33.34	9.17	26.16	0.31	0.29	0.72	0.40	0.22
Srd7	36.15	9.99	23.50	0.30	0.31	0.82	0.63	0.23
Srd8	45.22	9.99	23.50	0.30	0.31	0.82	0.63	0.21
1835	18.74	18.41	21.62	0.94	0.94	1.14	3.47	3.48

2 X-ISINIFLUORESANS(XRF) UYGULAMALARI

2.1 Kuantitatif Analiz

Malzeme tarafından yayınlanan ikincil Floresan X-ışımının şiddetinin bileşim içindeki element miktarı ile orantılı olması kantitatif analiz imkanını yaratır. Analiz prensibi, numuneden geçen X-ışımının şiddetini, bir referans numunenin verdiği spektrumla karşılaştırma yöntemine dayanır. X-ışım spektrometresinde en çok kullanılan yöntem kalibrasyon grafiği yöntemidir. Bu yöntemde kimyasal analiz sonuçları belli numunelerden elde edilen X-ışım şiddeti, elementlerin analitik değerlerine karşı çizilerek kalibrasyon grafiği hazırlanır. Bilinmeyen numunenin verdiği X-ışım şiddeti, grafik ile karşılaştırılarak analiz yapılır.

Bu çalışmada standartlar ve bilinmeyenler içindeki bütün elementler XRF cihazı ile Rh hedefi

X-ışını tüpü kullanılarak ölçülmüştür. Bu ölçümleri; ait analiz koşulları Tablo-2 de verilmiştir.

Tablo 2 Elementler İçin Analiz Koşulları

PARAMETRELER	2 β	Sı	Cı	Mg
VOLTAM Wİ	40	4ü	40	40
AKIM(mA)	95	95	.10	95
KRISTALLER	Sx-48	PET	UF	TAP
DEDEKTOR	FPC	FPC	FPC	FPC
PIKZAMANI(fs)	200	40	30	40
PIK (20 AÇISI)	49.720	108.880	113.10	45.200
DONUŞZAMANI(s)	60	20	15	20

PARAMETRELER	/ Al	Na	Sı	Fe
VOLTAJI KV)	40	40	40	40
AKIM(mA)	95	95	95	95
KRISTALLER	PET	TAP	LİF	LİF
DEDEKTOR	FPC	FPC	SC	SC
PIKZAMANI(fs)	40	50	40	40
WK<2Ö AÇISI)	144.740	55.120	25.120	57.500
DONUŞZAMANK(s)	20	25	20	20

FPC: Hafif"elementler SC: Ağır elementler

Çalışmada Teşekkülümüze ait bor yataklarından elde edilen kolemanit $<2CaO.3B_2O_3.5H_2O>$ minerali incelenmiştir. Bigadiç Bor İşletmesinden temin edilen numuneler, klasik yöntemlerle (volumetrik, gravimetric, atomik absorpsiyon spektrofotometresi) analiz edilmiştir. Standart kabul edilen numunelerin analiz değerleri, cihazın analiz programında okutulup, kalibrasyon grafiği oluşturulmuştur. Oluşturulan grafikler incelendiğinde, herhangi bir matrix effect (elementlerin birbirlerine olan etkileri) uygulamasına gerek duyulmamıştır. Standart kabul edilen kolemanit numunelerinin klasik metodlarla yapılmış analiz sonuçları Tablo 1 "de verilmiştir.

Cihazda gerekli kalibrasyon grafikleri oluşturulduktan sonra, Bigadiç Bor İşletmelerinden temin edilen ve analiz değerleri bilinmeyen kolemanit numunesi grupta analiz edilmiştir. Aynı numune klasik yöntemlerle de analiz edilmiştir. Klasik yöntem ve XRF yöntemi ile elde edilen sonuçlar Tablo 3' de verilmiştir.

Tablo-3 XRF ile Klasik Yöntem Sonuçlarının Karşılaştırılması

(1) ELE MENTLER (%)	KOLEMANİT	
	YÖNTEM A	YÖNTEM B
B ₂ O ₃	42.48	42.56
SiO ₂	7.82	7.98
CaO	21.93	22.26
MgO	0.39	0.43
SrO	1.75	1.77
Fe:Ch	0.03	0.03
A l.O.	0,40	0,37
N;ı-0	0.23	0,26

Yöntem A: Klasik yöntemi. B[^]O₃ volümetrik. SiO₂ gravimetric, diğerleri AAS)

Yöntem B: XRF yöntemi

2.2 Mapping menüsü ile mineral tanımlaması

XRF'in mapping menüsünde numune herhangi bir numune hazırlama işlemine tabi tutulmadan orijinal haliyle analize alınır. Ancak numune tutucuya yerleştirilecek bo; utlara getirilmelidir. Bunun için de. 30 mm çapında. 1 mm yüksekliğinde olacak şekilde eballandırılır. Numune tutucuya yerleştirilir, program yardımıyla 1 mm veya 3 mm" lik karelere bölünür ve numaralandırılır. Cevherde bulunan elementler yine cihazın programında bulunan nokta analiz menüsünde yarı kantitatif analizi yapılarak Rh hedefi i X-ışını tüpü yardımıyla tespit edilir. Programda bulunan Mapping menüsünde bu elementler seçilerek elementlere ait haritalar çıkarılır. Daha sonrada bu element haritaları incelenerek cevherin yapısı hakkında yaklaşım yapılır.

Kolemaniite Klor Ek'inenluuin Değerlendirilmesi

Bu çalışmada Kolemanit numunesinde klor elementinin Na, Mg ve Pb elementleriyle bağ yapma olasılığı incelenmiştir. Bu çalışmadaki analiz koşulları aşağıda belirtilmiştir.

X-ışınıgücü:40kV-S)5mA

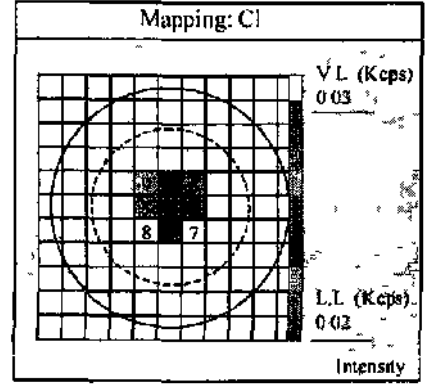
Analiz çapı: 3 mm

Analiz zamanı/seçilen nokta sayısı:90 saniye

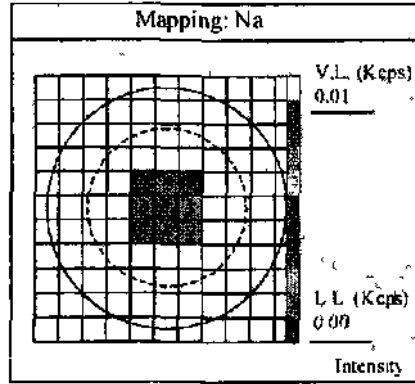
Ölçüm yapılan nokta sayısı: 9 nokta

Belirtilen analiz koşullarında elde edilen mapping analizinden alınan Şekil 1-4'te görülen grafikler incelendiğinde: elementlerin aldığı intensitilere (X-ışını şiddetine) göre renk skalası ile, seçilen elementlerin hangi noktalarda hangi

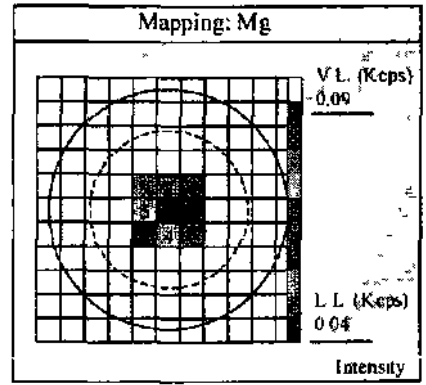
konsantrasyonda olduğu görülmektedir. Renk skalası aşağıdan yukarı doğru artarak elementin seçilen noktalarındaki konsantrasyonunu göstermektedir. Klorun mapping penceresi incelendiğinde, 7 ve 8 noktalarında klor yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Sodyumun mapping penceresinde ise 7 noktasında yüksek konsantrasyonda, 8 noktasında ise ona konsantrasyonda sodyum görülmektedir. Kurşunun mapping penceresinde, 8 noktasında orta konsantrasyonda kurşun görülmektedir. Magnezyumun mapping penceresinde ise 7 noktasında yüksek konsantrasyonda, 8 noktasında düşük konsantrasyonda magnezyum bulunmaktadır.



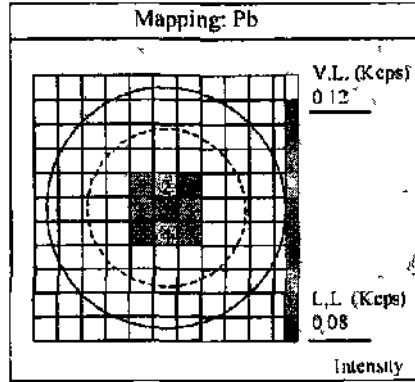
Şekil 3 Mapping Grafikleri



Şekil 1 Mapping Grafikleri



Şekil 4 Mapping Grafikleri



Şekil 2 Mapping Grafikleri

XRF mapping sonucu elde edilen ve element konsantrasyonlarının esas alındığı veriler ile literatür araştırmaları birleştirildiğinde, klorürün öncelikle sodyum ile suda çözünen klorür bileşiği, kurşun ile suda çözünmeyen klorür bileşiği yapılabileceği değerlendirilmesi yapılabilir.

XRF cihazı mapping menühiinde, orijinal numunede çalışılarak analiz yapılmaktadır. Numunenin orijinal haliyle kalitatif, kantitatif analizinin yapılması, bir elementin başka elementlerle bağ yapma olasılığının incelenmesi ve elementlerin dağılımına bakılarak cevher yapısı hakkında yaklaşım yapılması mümkün olmaktadır.

Bu analiz tekniği, numune kim) asal analize tabi tutulmadan önce numunenin kimyasal bileşimi ve yapısı hakkında fikir vermektedir. Bu şekilde bir ölçüde XRD cihazı görevi yapmaktadır. Yöntem basit, hızlı ve yüksek hassasiyette değerler verebilmektedir.

SONUÇ

%B:O₁ volumerik, %SiO₂ gravimetrik, %CaO, %MgO, %Fe_{0.1}, %Na₂O, %SrO, %rAl₂O₁ Alevli Atomik Absorpsiyon cihazında spektroskopik olarak analizleri yapılmıştır. Volumerik, gravimetrik ve Spektroskopik metotlarla sapılan analizler X Işını Floresans Spektroskopik metot sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Yapılan bu çalışmalar sonucunda volumerik, gravimetrik ve enstrümantal analizler ile bulunan sonuçlar birbirini doğrulamış ve tekrarlanabilir neticeler vermiştir.

XRF in uygulama alanları, çok sayıda numunenin hızlı ve doğru olarak tekrarlanabilir analizlerini yapma imkanı sağlaması nedeniyle hızla artmaktadır. XRF yöntemi, ayarları, kalibrasyonu ve hesaplamaları tümüyle bilgisayar programları ile yapılan geliştirilmiş cihazlarla yaygın olarak kullanılmaktadır. XRF cihazında numune uniform duruma yani toz veya cam haline getirilerek ya da orjinal haliyle kalitatif, kantitatif analizinin ve

elemenle! dağılımının değerlendirilmesinin yapılması mümkündür.

XRF spektroskopik yöntemi, kısa sürede çok fazla numunenin izlenmesini gerektiren cevher zenginleştirme operasyonlarında önemli bir avantajdır.

REFERANSLAR

- KüklO. M . Neslioğlu. V.. Uçar I Ekim 1993. *Bur ve Bor Ürünleriyle KİMYUMIİ Analizler* Eti Holding A Ş. Bor Araştırma Merkezi "Sayı 9".
- A. Kılıç Şubat 1982 *Analitik Kimya Laboratuvar Kılavuz* RnbankAR-Or-Daı Bşk TS B17 (ISO 2216)
- Gau Gabriela et ali. 1995 *X-Ray Fluorescence Application To Boron Mineral Processing 5th Snutheın Hemphere Meeting »n Mineral Teıuntrlıgv.*
- Shimadzu Corporation 1997 *Instruction Manual XRF-1700*
- Berlin. E.P.. 1978. *Principles and Practice of X-Ray SpecımtıeıricAntılvıxıx*, New York.

Mineralojik Yapının Cevher Zenginleştirme İşlemine Etkisi: Mastra ve Kaletaş (Gümüşhane) Altın Cevherleri Üzerine Örnek Çalışma

İ. Alp & O. Celep

Maden Mühendisliği Bölümü. Karadeniz Teknik Üniversitesi Trabzon, Türkiye

N. Tüysüz, M. Vieil & A. Lermi

Jeoloji Mühendisliği Bölümü. Karadeniz Teknik Üniversitesi. Trabzon, Türkiye

ÖZET: Bu çalışmada Mastra ve Kaletaş (Gümüşhane) altın cevherlerinin ilk olarak mineralojik yapıları incelenerek bu cevherlerin zenginleştirme özellikleri araştırılmıştır. İkinci aşamada ise cevherlerin siyanür liç deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır, Kaletaş cevherinde kuvars ve kalsit yanında realgar, orpiment, organik karbon ve pirit bulunmaktadır. Altın silisli ortamda yaklaşık 3-9 mikron boyutunda elektrik olarak gözlenmiştir. İncelenen örnekteki altın tenörü 6.8 g/t'dur. Mastra cevherinde altın tanelerinin boyutları genellikle 5-300 mikron arasında olup Au tenörü 26 gr/ton'dur. Altın cevher mineralleri içinde kapanımlar halinde ve kuvars gangü içerisinde düzensiz şekilli taneler halinde bulunmaktadır. Yirmidört saatlik siyanür liçi sonrasında Mastra ve Kaletaş cevherleri için sırasıyla %90 ve %50 altın kazanımı elde edilmiştir. Kaletaş cevherinde altın kazanımının düşük olması, altın tanelerinin çok küçük boyutlarda bulunması ve cevherde organik karbon bulunmasından kaynaklanmaktadır. Kaletaş cevherinde liç verimini arttırmak ve her iki cevherde siyanür sarfiyatını azaltmak için kavurma gibi ön oksidasyon işlemleriyle sülfürlü minerallerin bozulumlanması gerekir. Mastra cevherinde altın tane boyutlarının büyük ve bunların kuvars gangü içinde bulunmaları bu cevherin öğütme sonrasında gravite ile ön zenginleştirme yapılabileceğini göstermektedir.

ABSTRACT: In this study, Mastra and Kaletaş gold ores were mineralogically investigated under an ore microscope in order to determine their ore processing characteristics. The ores were then leached with cyanide and the results were compared to one another. Kaletaş ore is mainly composed of quartz, calcite, realgar, orpiment, organic carbon and pyrite. Gold at Kaletaş occurs in the form of electrum at 3-9 microns in size in a quartz gangue. Gold grade of the Kaletaş sample is 6.8 g/t. On the other hand, gold in the Mastra is observed both in a quartz gangue as irregular particles and in ore minerals as inclusions. The sample taken from Mastra contains 26 g/t Au and gold grains range in size from 5 to 300 microns. After a 24-hour cyanide leaching, the gold recovery rates of Mastra and Kaletaş ores were found to be %90 and %50, respectively. The lower Au recovery rate in Kaletaş is attributed to occurrence of gold as liner grains and the presence of organic C. In order to increase Au recovery rate in Kaletaş and decrease the cyanide consumption in both ores sulphur-bearing minerals could be decomposed by pre-oxidation methods such as roasting, bacterial leaching etc. In addition Mastra ore can be pre-concentrated by a gravity method after grinding since it contains relatively coarser gold grains within a quartz gangue.

I GİRİŞ

Türkiye'nin bilinen ve envanteri yapılmış toplam altın rezervi 575 tondur. Arama çalışmaları süren yalıklar ve bilinen zuhurlar Ege ve Doğu Karadeniz bölgelerinde belirgin biçimde yoğunlaşmaktadır. İşletilebilirliği söz konusu olan yalıkların toplam altın rezervi 240 tondur. Günümüzde işletilmesi için hazırlıklar sürdürülen altın yataklarının rezervi ise 215 tondur. Bergama-Ovacık, Havran-Küçükdere, Gümüşhane-Mastra, Sivrihisar-Kaymaz ve Uşak-Eşme epitermal tipte yalıklardır. Yine işletilmesi planlanan yalıklar arasında Artvin-Ceratlpe masif

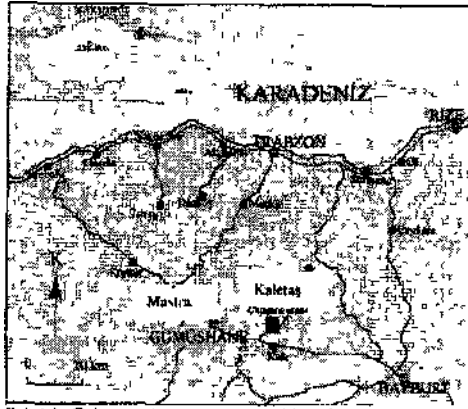
sülfit yatağının oksitlenmiş demir şapkasıdır. İzmir-Efemçukuru ise skam tipi yataktır (DPT.2001).

Tablo 1 İşletilebilir altın yataklarının rezervi (DPT, 2001)

Vatuk	Au (Er/H)	Rezerv (um)	Metal Auf ton)
Usak-Esine-Kisladau	1.43	74.000.0(H)	105.80
kmir-Berüina-Öncik	9.00	1.80.000	26.81
Izmir-SereitüMH'-Efemçukuru	116Ü	2.500.000	31.62
Eskiteir-Sivrihisar-Koima?	6.04	974.000	5.83*
Anviu-GMJiuw-Tunlam	1.54	12.100.000	37.3a*
Ba 11 ke siri - Havran - Kilçü kiler	6.4.1	1.410.000	y.6T
Gümüşhane-Mescitli-Mastia	1100	1.000.000	1100
Ca 11 a k kal e-K ı a 711 - Ak bala i.	15	8.000.000	10.00
Toplum		102.964.000	140.00

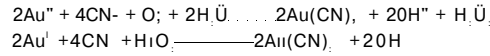
Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki altın yatakları benzer bir jeolojik yerleşim gösterirler. Mineral parajenezi yataklar arasında bazı farklılıklar gösterir.

Bütün yataklarda bulunan bazı metal sulfitler ilave olarak Mastra, Olucak ve Cerattepe'de nabit altın ve elektrik. Akoluk ve Sayaca'da ise orpiment, realgar, zinber ve zinkenii de yer alır. Gang mineralleri Cerattepe'de kuvars, kalsedon, senzit ve bant; Mastra ve Olucak'da kuvars, adularya, bant ve karbonatlar; Akoluk ve Sayaca'da ise kuvars, flitrit, serisit, illit ve baritten oluşur. Diğerlerinden kökensel olarak ayrılan Kaletaş paiaenezi; pirit, orpiment, realgar, altın, alunit, natrojarosit ve illitten oluşur (Tüysüz & dig., 1995)



Şekil 1 Çalışma alanına ait yer buldurur haritası

Siyanür liçi, cevherlerden altın ve gümüş kazanımı için kullanılan yaygın bir prosedir. Siyanür solüsyon undaki altının çözünmesi aşağıdaki reaksiyonlar ile gerçekleşir (Rıblısov & dig., 1996)



Normal şartlarda NaCN \ada KCN solüsyonu (1.5gr/lit) çok düşük konsantrasyonlarda bile ince saçınımlı altın tanelerini (<1-2 mikron) çözebilmektedir. Altın çözüldüğü çeşitli prosesler ile elde edilmektedir (Merntl-Crowe, CIL, CIP).

Genellikle altın cevherleri "serbest taneli", "kompleks" ve "retrakter" olmak üzere sınıflandırılmaktadırlar. Serbest taneli cevherlerden <80'ı <80mikron) 20-30 saatlik geleneksel siyanür liçiyile %90'lık bir altın kazanımı elde edilebilmektedir. Siyanürle ekonomik şekilde kazanılamayan cevherlere "refrakter" cevher denmektedir. Daha yüksek siyanür ve oksijen ilavesiyle ekonomik olarak kazanılabilen cevherlere ise "kompleks"cevherler denir (La Broy & dig., 1994). Pratikte, aşağıdaki durumlarda refrakter cevher kavramı ortaya çıkar (Gupta & dig., 2000)

- Altın çok ince taneler (<10mikron) şeklinde dağılmış yada çoğunlukla pirit, arsenoprille siifit matrisi içinde katı solüsyon şeklinde bulunur.

- Altın tellüridlerle ilişkilidir.
- Altın karbonatlı cevherlerle ilişkilidir.
- Altın, çoğunlukla kuvars yada manganez oksitlerle kompleks oluşturacak şekilde çok ince taneli olarak dağılmaktadır.

Tabiatta çok az altın minerali olduğu için altının mineralojisi basittir. Esas altın içeren mineral "nabit altın" olarak isimlendirilir. Altın için yapılan mineralojik araştırmalar oldukça komplekstir. Bu, metal değerinin yüksek olması ve düşük tenörde bulunmasından kaynaklanır (Petruk, 1989).

Altın cevherlerinin gravite ve siyanür proseslerine vereceği cevabı belirlemek için yapılan testlerde çok az mineralojik bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır. Eğer altın iri taneler şeklinde oluşmuşsa siyanür solüsyonuyla yüksek kazanımlar elde edilebilir ve mineralojik inceleme nadiren gerçekleştirilir. Eğer altın kazanımı düşükse (<%80), detaylı bir mineralojik inceleme yapmak gerekir (Rashan, 1990)

Mineralojik araştırma ile bir altın cevherinin siyanürleme işleminde nasıl davranacağı önceden belirlenebildiği gibi sonuçların olumsuz olması durumunda da bunun sebepleri ve çözümü de bulunabilir. Sonuçlar olumlu bile olsa daha ekonomik ve daha çevre dostu bir yöntem olan gravite ayırmasının bir alternatif olup olmayacağına karar vermede bir fikir verebilir.

2 MATERYAL VE YÖNTEM

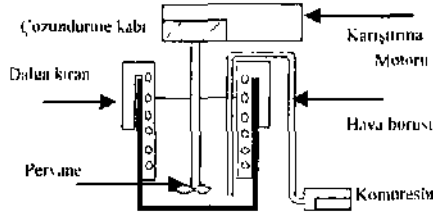
Deneylerde kullanılan numuneler. Mastra (Gümüşhane) altın yatağının hazırlık galerisinden ve Kaletaş (Gümüşhane) altın yatağının silisli damar zonundan yaklaşık 150'şer kg olarak alınmıştır. Mineralojik inceleme için numuneler ayrıldıktan sonra tüm örnekler çeneli ve merdaneli kırıcı ile 4mm boyut altına kırılmıştır. Harmanlama ve bölme ile deneylerde kullanılmak üzere numuneler paketlenmiştir. Deneylerde öğütme çubuklu değirmende gerçekleştirilmiştir, öğütme işlemleri: 1 kg örnek %30 bilya şarjı ile 51 dev/dk dönme hızında gerçekleştirilmiştir. 40 dk öğütme sonunda Kaletaş örneğinin % 87.66'ı -75fi olacak şekilde ve Mastra Örneği ise % 81.06'sı -75^ olacak şekilde öğütülmüştür (Tablo 2). Komple kimyasal analü ve XRD analizi için örnekler ayrılmıştır.

Tablo 2 4U dk öğütme sonrası tane boyut dağılımı

Boyut (mikron)	Miktar! (%)		I Elek altı %	
	Masını	Kaletaş	Mastra	Kaletaş
+ ISO	0.69	0.69	—	—
-150+ m	5.33	3.07	yy. 32	99.31
-106+71	12.50	5.58	93.98	96.24
-75+53	15.50	10.04	81.08	87.66
-13+45	4.55	3.55	65.58	77.62
-45+38	7.10	4.43	61.03	74.07
-Mi	53.90	69.61	5.393	69.66
Tcipleaıı	100(H)	100.00	—	—

Mineralojik araştırmalar için seçilen parçalardan ince kesil ve parlak kesitler hazırlanmıştır. Bu kesitler optik mikroskop ve cevher mikroskobu ile detaylı olarak incelenmiştir. Çalışmalar yağlı ortamda Leitz Wetzlar 1432 mikroskop altında gerçekleştirilmiştir.

Liç testleri farklı öğütme süreleri sonrasında siyanürle yapılmıştır. Farklı öğütme süreleri sonunda öğütülen malzemenin 75 mikron altına geçen miktar elek analizleri ile belirlenmiştir. Deneyler DENVER D-12 boyutundaki laboratuvar tipi bir karıştırıcıda 1100 dev/dk karıştırma hızında 24 saatlik süreler için gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Çözelti pH'sı sodyum hidroksit (NaOH) kullanılarak 10-10,5 aralığında tutulmuş, NaCN konsantrasyonu 1.5 gr/lit olarak ayarlanmıştır. 1. 3. 7. 11. 15 ve 24. saatlerde sıvıdan NaCN tayin yapılarak azalan miktar tamamlanmıştır.



Şekil 2 Karıştırmalı liç deney düzeneği

Deney sonunda katı ve sıvıdan Au analizleri yapılmıştır. Liç kinetiğini takip etmek için ayrı bir deneyde belli süre aralıklarında (1. 2. 4. 8. 16 ve 24. saat) sıvı örnekler alınarak NaCN ve Au analizleri yapılmıştır. Kaletaş cevheri için 500°C'de kavurma sonrası liç deneyi de yapılmıştır.

Örneklerin komple kimyasal analizleri Acme Analytical Laboratories laboratuvarında ICP-AES (Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectroscopy) ve NAA (Neutron Activation Analysis) yöntemleriyle yapılmıştır (Tablo 3).

Katı malzemeden Au analizleri kral suyu ile çözeltiye alındıktan sonra MIBK fazına yüklenerek AAS (Atomik Adsorbsiyon Spektrofotometre) ile analiz edilmiştir. Çözeltiden Au analizi de HCl ile asillendirme sonrası MIBK fazına yükleme sonrasında AAS ile analiz edilmiştir. CN miktarı Rodanin indikatörü altında AgNO₃ titrasyonu ile yapılmıştır (Van Loon. 1989. Varma. 1988).

Örneğin XRD mineralojik analizi Rigakı D/max-IIIC marka X-Ray difraktometre ile yapılmıştır. Kaleiaş cevher örneğinin XRD difraktogram incelemesi, örneğin bol miktarda kuvars ve kalsitten oluştuğunu, az miktarlarda orpiment ve piritin bulunduğunu göstermektedir. Masra cevherinde ise cevherin büyük bir kısmı kuvarstan oluşmakta ve bol miktarda pirit bulunmaktadır.

3 DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1 Kimyasal Analiz

Analizler incelendiğinde iki cevher arasında belirgin farklılıklar vardır. Masra cevherinin daha fazla silisli olduğu. Au ve baz metallerce daha zengin olduğu buna karşılık Kaletaş cevherinin önemli miktarda karbonat mineralleri ve organik C içerdiği: Sb ve As bakımından daha zengindir.

Tablo 3. Örneklerin kimyasal bileşik ve element içerikleri

Bileşik	İçerik(%)		Elem.	İçerik(ppm)	
	Kaleiaş	Mostra		Kaletaş	Masını
SiO ₂	54.89	86.12	Au	6.8	26.0
Al ₂ O ₃	4.88	1.16	An	1.2	8.6
Pi-O ₂	2.18	5.47	Mo	7.0	2.10
FeO	17.85	0.11	Cu	2X1.0	35.10
MnO	0.10	0.01	Pb	35.0	1.7
Na ₂ O	1.09	0.02	Zn	242.0	26.11
K ₂ O	0.14	0.16	Ni	46.0	1.7
TiO ₂	0.09	0.10	As	50100.0	824.0
P ₂ O ₅	0.52	0.04	Cd	2.1	21.6
MnO	0.01	0.01	Sb	101.9	11.8
Cr ₂ O ₃	0.02	0.07	Ga	3.3	9.0
LOI	16.10	1.40	Li	6.6	1.0
Tor. S	0.25	4.12	V	42.0	54.0
Top. C	1.75	0.06	Co	16.1	14.1
Orn. C	0.18		Sr	22.1.7	34.4
Toplam	97.52	W. 27	Zr	17.9	18.5

3.2 Minerotojik İncelemeler

Mastra allın yatağı Eosen yaşlı volkanitler içinde yer alır. Cevher minerali olarak baz metal sülfürlere ilaveten nabit altın ve elektrik gang mineralleri olarak kuvars, barit ve karbonatlar bulunmaktadır.

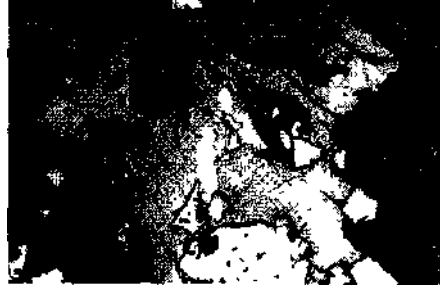
Örneklerin incelemesi sonucunda cevher minerali olarak allın pirit, kalkopirit. galen ve sfalerit ve gang minerali olarak da kuvars tespit edilmiştir (Şekil 3). Sülfür mineralleri genelde birlikte bulunmakta ve katalitik dokular oluşturmaktadırlar (Şekil 3,b,d,f).



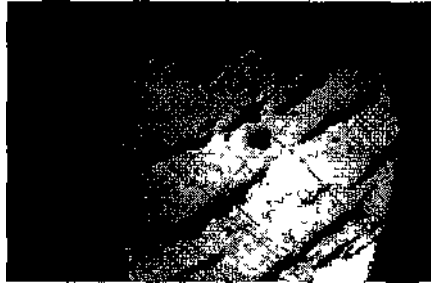
Şekil 3. a Staleril içerisinde altın kapanım(20jım)

Piritler; çoğunlukla çok farklı boyut aralığında öz şekilsiz saçınımlı taneler zaman zaman yarı öz şekilli laneler şeklinde görülmektedir. Yer yer kırıklı bir yapıda olup konsantrik dokular göstermektedir. Kalkopirit içinde kapanım halinde bulunmaktadır.

Staleru tanelen genelde içerisinde kalkopiri kapanımları bulundurmaktadır. Kalkopirite İni bo >utlu altın kapanımları eşlik etmektedir (Şekil 3.,t)



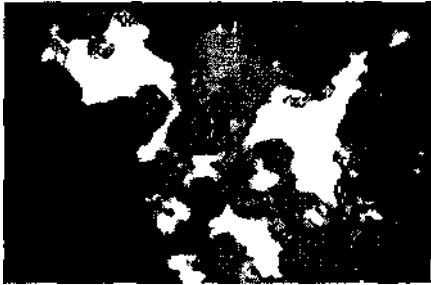
Şekil 3 b Galen içinde 80 µm'lık altın ianeleri



Şekil 3 e Galen içerisinde küre şekilli altın uilesi

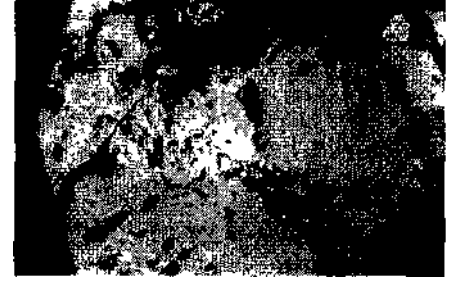


Şekil 3. d Kalkopirite ve piritte birlikte bulunan kuvars içinde 231 µm boyutunda altın taneleri



Şekil 3 e Kuvars içinde 200 µm'luk altın taneleri

Allın taneleri 0-300 mikron arası boyut aralığında bitün cevher mineralleri ile birlikte ve bazen onların içerisinde kapanımlar halinde bulunmaktadır (Şekil 3.a.b.c.d.e-0 Allın genelde nabil olarak nadiren eleclium olarak bulunmaktadır. Kuvars içinde butun boyutlarda nabil altın ianeleri bulunmaktadır (Şekil *.c) Allın tanelerinin ortalama boyutu 30 µm'dur

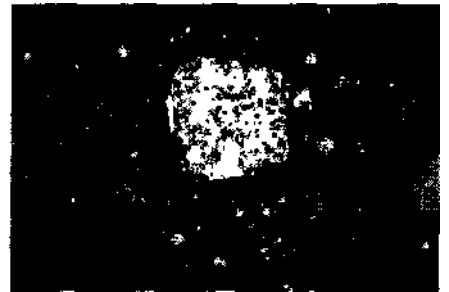


Şekil 3. ! Kalkopirite içerisinde piritte birlikte kapanım halinde bulunan altın taneleri (70 µm)

Kaletaş altın sabasında 3.31 gr/ton Au lenorlu 116.000 lon görünür. 3.37 gr/ton Au lenorlu 246.000 muhtemel olmak üzere 362.000 ton (damar+ağsal) toplam rezervi bulunmaktadır. Mumkun rezerv 3.27 gr/ton Au lenörül 400.000 londur

Kaletaş altın cevherleşmesi, oldukça yumuşak, kırık, çatlaklı, kolaylıkla eriyebilen karbonatlı kayaç parçalan ve organik madde içeren tüfitler içerisinde, tay ve kırık zonları gibi süreksizlikler boyunca uzanan silis merceklerinde yer alır Başlıca orpiment, realgar, nabil kukurt ve pim içeren bu merceklerin allın içeriği 0.05-23 5 gr/ton arasında değişmektedir (Tüysüz & dİğ.. 1994).

Örneğin incelemesi sonucunda cevher mineiaş olarak altın (çok ince taneli), pirit, realgar, orpiment, markasit ve nabil kukürt, gang minerali olarak da kuvars tespit edilmiştir (Şekil 4 a. b. e). Piritler, çoğunlukla 3-75 mikron boyutunda öz şekilsiz saçınımlı ianeler halinde, az oranda da 200 mikron boyutunda yarı özşekilli taneler şeklinde göiilmektedir. Yer yer kırık bir yapıda olup konsantrik dokular göstermektedir (Şekil 4.a).



Şekil 4, a Yarı özşekilli pimler (140-200 µm)

Kayacın şallak ve bokluklarına yerleşmiş olan orpiment genelde ve büyük çoğunlukla realgarla birlikte serüvenür durumunda bulunmaktadır. Yer yer kolloform yapı göstermektedir (Şekil 4.c)

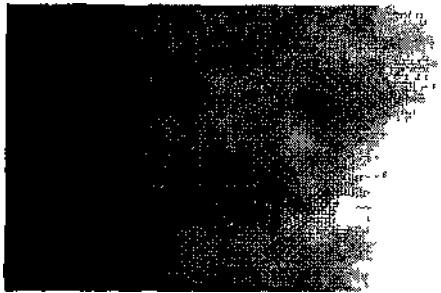
Orpimentten soma en sık rastlanan cevher minerali lealeardır Boşluklarda orpimentle birlikte boşluk dolgusu olarak bulunmaktadır Yer yer orpiment tarafından örtülmüştür (Şekil 5,b).



Şekil 4 b Kuvars matris içinde Realgar kristali



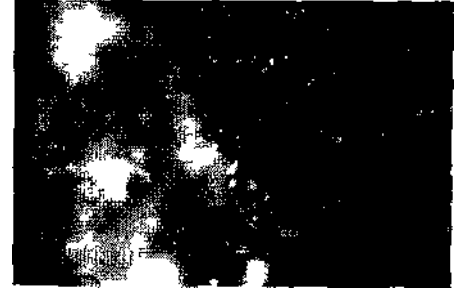
Şekil 4 t Kuvars matris içinde Orpiment kristali



Şekil 4 c Kuvars gangü içinde siyah renkli organik malzeme

Kayaç içerisinde yer yer koloidal yapıda ve çeşitli boyutlarda organik materyal olduğu düşünülen ianeler bulunmaktadır (Şekil 4.d)

Altın ianeleri çok fazla görülememektedir Bulunan taneler de oldukça küçük boyutlu ve çoğunlukla elektrik şeklindedir (Şekil 4.e.1).



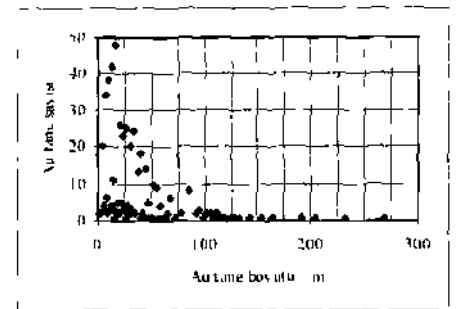
Şekil 4 e Silisli ortam içinde altın tanesi (20 um)



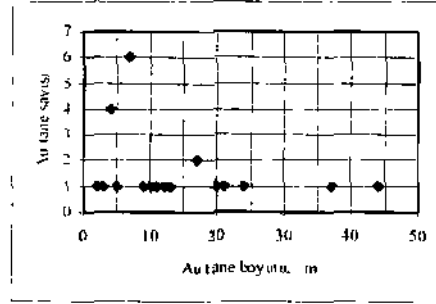
Şekil 4 f Silisli ortam içinde elektrik altın tanesi (7um)

Minerolojik inceleme sırasında gözlemlenen altın tanelerinin boyutları ve sayıları iki cevherin karşılaştırılması için bir parametre olabilir Masıra cevherinde bulunan altın ianeleri Kaletaş cevheri ile karşılaştırıldığında daha iri boyutlarda ve daha fazla sayıda bulunmaktadır (Şekil 5,6).

Minerolojik incelemeler sırasında gözlemlenen altın tanelerinin ortalama tane boyutu Masıra cevheri için 30 mikron olarak bulunmuştur Kaletaş için ortalama altın iane boyutu 12 mikron değerindedir Bu değerler sadece incelenen kesitleri temsil etmesine rağmen diğer sonuçlar ile paralellik göstermektedir. Kesitler üzerinde görülen tanelerin ölçülen boyutları eğer iyi örnekleme ve doğru kesit hazırlama gerçekleştiriliyor ise malzeme içinde bulunan altın tanelerinin boyutları hakkında doğru veriler verebilecektir!



Şekil 5 Masıra cevherinde altın ianelerinin boyutları ve sayısı

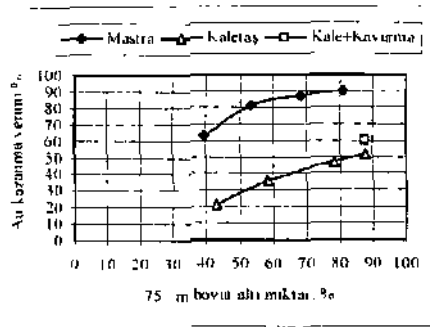


Şekil 7 Kaletaş cevheri altın tanelerinin boyutları ve sayısı

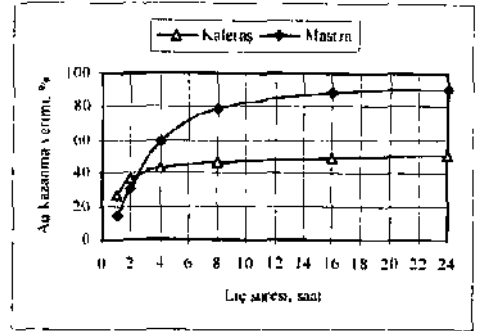
3.3 NaCN üç Test Sonuçları

Cevher örnekleri ile yapılan siyanürleme testlerinin sonuçları Şekil 7'de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi 75 m altına geçen malzeme miktarı artışı ile mastra cevherinin altın kazanımı artmaktadır. Mastra cevherinin %80'i 75 mikron altına öğütüldüğü durumda %90'ın üzerinde altın kazanımına ulaşılmaktadır. Kaletaş cevherinde ise aynı boyuta öğütme sonrasında ancak %50'lik bir altın kazanımına ulaşılabilmektedir. Bu durum mineralojik incelemede elde edilen sonuçlarla paraleldir. Yani altın tanelerinin çok küçük olması altın kazanımını düşürmektedir.

Mastra cevherinde ilk 8 saat içinde altının %80'i çözüme alınmakla, diğer 16 saat içinde %90 verim değerlerinin üzerine çıkmaktadır. Kaletaş cevherinde ise ilk 2 saat içinde daha yüksek altın kazanımı elde edilmesine rağmen 8. saatle %46 altın kazanma verimi ve 24. saatte %51 altın kazanım gerçekleşmektedir. Kaletaş cevherinde bulunan altın tanelerinin çok küçük olması; ilk zamanlarda yüzey alanının yüksek olması nedeniyle çözünmenin hızlı gerçekleşmesine neden olmaktadır. Tane boyutunun küçük olması ve serbest yüzeyi oluşturulamayan altın tanelerinin varlığı nedeniyle son altın kazanımını düşük olmuştur (Şekil 8).



Şekil 7 Mastra ve kaletaş cevherinin öğütme tane boyutu ile altın kazanım miktarının değişimi



Şekil 8. Altın kazanımının zamana göre değişimi

NaCN çözündürme deney sonuçları göz önüne alındığında Mastra cevherinin "free milling" bir alim cevheri olduğu söylenebilir. Kaletaş cevheri ise kimyasal ve mineralojik inceleme sonuçlarından da beklendiği gibi siyanür çözündürmesi sonuçlarına göre "refrakter" tipte bir altın cevheri olarak adlandırılabilir. Elde edilen bu sonuçlara göre her iki cevher için farklı zenginleştirme prosedürleri son bölümde tartışılmaktadır.

4 SONUÇ VE ÖNERİLER

Gümüşhane civarında bulunan iki farklı cevher yalağı üzerine yapılan analiz, mineralojik inceleme ve siyanürle çözündürme sonucunda elde edilen sonuçlara göre şu değerlendirmeler yapılabilir:

- ✓ Kimyasal analiz sonuçlarına göre; Mastra cevherinin daha yüksek altın tenörüne sahip olması ve daha yüksek oranlarda kuvarstan oluşması altın kazanımının kolay olmasını gerektirmektedir. Ancak baz metal sülfürlerinin daha fazla oranda bulunmaları altın tanelerinin kapanım halde bulunması durumunda kazanımın azalmasına ve siyanürle işlemede daha fazla siyanür sarfiyatına sebep olabilmektedir. Kaletaş cevherinde ise daha fazla organik karbon ve arsenik içeriği ile altın kazanımının daha zor olması ve siyanür sarfiyatının yüksek olmasını gerektirmektedir.

- ✓ Mineralojik inceleme sonuçlarına göre; Mastra cevherinde altın tanelerinin büyük boyutlarda ve nabit olarak büyük bir oranda kuvarsta içinde serbest olarak bulunması siyanür için iri tane boyutlarında dahi yüksek verimlerle gerçekleşebileceğini göstermektedir. Bu aynı zamanda Mastra cevherinin ön gravite zenginleşmesine de olumlu cevap verebilmesini önermektedir. Bu şekilde daha ekonomik ve daha sorunsuz bir kazanım sözkonusu olabilecektir. Kaletaş cevherinde ise altın tanelerinin çok küçük boyutlarda ve elektrum olarak bulunmaları refrakter bir özellik

kazandırmakta ve reirakter cevherleri; uygulanan ün işemilerin (oksitleme veya lloasyon) uygulanması serektirmektedir (Laplante & diğ., 1995).

- ✓ Siyanür ile çözüldürme deneyler sonucunda Mastra cevherinden %90. kaletaş cevherinden ise %5() oranında gerçekleşen allın kazanım \erimleri ilk iki aşamada çıkartılan sonuçları doğrular niteliktedir. Kimyasal ve mineralojik incelemeler siyanürlene işleminin olası sonuçlarını doğru olarak belirleyebilmiştir.
 - ✓ Tüm çalışmalar sonucunda: masra cevherinin uygun bir gravite ayırıcısı ile ön zenginleştirme uygulanması, kaletaş cevherinde ise ret'rakler cevherlere uygulanan oksitleme+liç veya lloasyon+liç seçeneklerinin araştırı İmasının gerekliliği ortaya çıkmaktadır.
- Mastra cevheri ile ön gravite zenginleştirme sonrası yapılacak liç ile ve kalelaş cevherinin çeşitli oksitleme işlemleri ve flotasyon işlemleri sonrasında yapılacak siyanür liçi çalışmaları planlanmış olup çalışmalar devam etmektedir.

TEŞEKKÜR

Ya/arlar, bu araştırmayı finalisai olarak desteklediği için Karadeniz Teknik Üniversitesi Araştırma Fonu Say-manlığına teşekkür eder.

KAYNAKLAR

- DPT. 2001. VIII Beşyılık Kalkınma Planı. Madencilik Ö.İ K Raporu. Metal Madenler Alı Komisyonu. Değerli Metaller Çalışına Gurubu Raporu. Ankara
- Gupta. CK.. Mukherjee. T.K.. 200ü. Hydrometellurgy m Extraction Processes. Volume li. Ph.D
- La Brooy. S.R.. Linge. H.G . Walker. CS., 1994. Review of Gold Extraction from Ores. Peigainon
- Laplait'ı A.R.. Woodcock. K. Noaparast. M. 1995. Predicting Graviyy Separation Gold Recoveries. Minerals and Metllurgical Processing J.. 5. p. 74-7V.
- Peiruk. W.. 1989. Receni Progress in Minerological Investigations Reluied to Gold Recovery. CİM Bulletin. Vol. 32. No. 931..17-.19.
- Roshan. B.B.. 1990. Hydrometailuvgical Processing of Precious Metal Ores. Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review. Vol.6.pp.67-80
- Ruhisov, D.H.. Pupengelakis. V.G.. Kondos. P.D.. 1996. Fundamental Kinetic Models for Gold Ore Cyanide Leaching. Canadian Metallurgical Quarterly. Vol. 15. No.4..153-361. Elsevier
- Tüysüz. N. Er. M.. Yılmaz. Z. Akıncı. S. 1995. Geology Mineralogy and Altérai inn or the Mastra Gold-Silver Deposit. Gümüşhane. J Of Earth Sciences.4. Tubitak. II-21.
- Tüysüz, N., Özdoğan. K . Er. M.. Yılmaz. Z . Ağan. A . 1994. Pontid Adayayı'nda Carlin Tipi Kaletaş (Gümüşhane) Altın Zuhuru. Türkiye Jeoloji Bülteni. 37. 41-46.
- Van Lnon. J.C.. Barefoot. R.R.. 1989. Analytical Methods for Geochemiical Exploration, Akademie Press. Toronto.
- Vanna. A.. 1988. CRC Handbook of Atomic Absorption Analysis. Vol. 2. Naval Air Development Center. Pennsylvania.

Taşkömürlerinin Mekanik Kömür Hazırlama Yöntemleri İle Kükürt Oksit Emisyonlarının Azaltılması

R.G.Jung, W.Riegermann & U.Hochheimer

DMT-Montan-Consulting GmbH, Anı Tec'nohftiepark 1, 45307 Essen, Germany

Sülfür dioksitın dünya çapında artan emisyonunu azaltmanın olasılıklarından biri, kullandmadan önce yüksek sülfür içerikli kömürün ijileştirilmesidir. Sülfür içeriğinin xın g i leştirme yöntemleri ile azaltılması, piritin elimine edilmesiyle mümkün olmaktadır. Bu yolun başarısı ham kömürün içindeki sülfür içeriğinin dağılımına ve seçilen özel zenginleştirme metodlarına bağlıdır. Son yıllarda RAG ve DMT, laboratuvarlarda kapsamlı deneyler gerçekleştirmiş ve bir çok yüksek sülfür içerikli ham kömür kullanılan pilot tesisler kurmuştur. Bizim desteğimiz altında bir başka pilot tesis dizayn edilmiş ve İspanya'daki son derece yüksek sülfürlü linyilerdeki sülfür azafümü için kutlanılmıştır. Tüm test sonuçları bizi Avrupa'da sülfür azaltımı için, bir çok geniş ölçekli hazırlık tesisi inşasına götürmüştür (Almanya, Polonya, İspanya). Polonya'daki üç yeni hazırlık tesisinde ham maddedeki %90'dan daha fazla pirit çıkarılmıştır. Aynı zamanda, bir bütün olarak kömür kalitesi de artmıştır. Bu da kömür yanmakta iken olan karbondioksit emisyonunu azaltmıştır. Su 1 flirdjoksitte aynı azaltmaya ulaşabilmek amacıyla mekanik ayırıştırma için yapılacak yatırım baea gazı arıtma tesisinin %10'u kadardır.

Sülfürlü Bir Cevherin Yüksek Hızlı Su Jetleri İle Flotasyonu

P. Carbini, R. Ciccu, M. Ghiani, C. Tilocca

DIGITA - Department of Ge.engineering and Environmental Technologies, Italy

F. Satta

IGAG - Institute of Environmental Geology and Geoengineering of the CNR

Department of Cagliari c/o University of Cagliari, Italy

Kalibrasyonu yapılmış ağızlıktan yüksek hızla püskürtülen su jeti küçük alanda konsantre olan kendine özgü yüksek güç taşıma kapasitesi ile çeşitli alanlarda kullanılabilir. Bu teknoloji kaya mühendisliğinin pek çok alanında (kazi, delik açma, kesme, delme, yüzey parlatma) halen uygulanmakla beraber mineral ayırımında ticari örnekleri bulunmamaktadır.

Bu çalışma ile, geleneksel karıştırıcıların uygun ağızlık konfigürasyonu içinden geçirilerek elde edilen yüksek hızlı su jeti ile yer değiştirdiği bir flotasyon hücresinin tasarım ve geliştirilmesinde izlenen yeni bir yaklaşımın altı çizilmektedir. Burada, Cagliari Üniversitesi DIGITA Bölümü'nde kurulan prototipin özellikleri gösterilmiş ve bu teknoloji kullanılarak sülfür cevherine uygulanan flotasyon neticesinde elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Çalışmada öncelikle, su basıncı, ve akış hızı, toplayıcı ve köpürtücü miktarları ve kalma zamanı gibi çeşitli operasyon değişkenlerinin metalurjik sonuçları gösterilmiş ve geleneksel karıştırıcı ile donatılmış benzer bir flotasyon hücresi ile karşılaştırılarak tartışılmıştır. Deneysel bulgular, su jeti kullanılan hücredeki özgül enerji tüketiminin geleneksel yöntemle karıştırılan hücredekinden önemli ölçüde düşük olduğunu göstermiştir.

Fosfat Minerallerinin Flotasyonu için Yeni bir Kollektor

R.Asmatulu

Feorc 106 Plantation Road, Bluksbürg. VA 24061-USA

ince fosfat parçalarının flotasyonu. cevher hazırlama tesislerindeki ince parçaları zenginleştirme işlemlerinden en zor olanıdır. En temel zorluklardan birisi flotasyon devresinde geri kazanılmış suyun kullanılmasıdır. Bu su yüksek dozda askıda kalmış partiküller ve zararlı iyonlar içermektedir. Bu yüzden halen kullanılmakta olan flotasyon reaktifleri (ör. yağ asidi ve dizel) ince fosfat parçaları için istenilen tenor ve verimi sağlamamaktadır. Bu araştırmada yeni bir kollektör geliştirilmiş ve fosfat parçalarının tenörlerinin ve verimlerinin iyileştirilmesi amacıyla kullanılmıştır. Deney sonuçları göstermiştir ki en az 10% verim ve daha yüksek tenor fosfat numunelerinde kazanılmıştır. Sonuç olarak, günümüzde bu yeni kollektör ile fosfat tesisleri daha fazla yarar sağlar.

Rio Tinto Borax'ın Madencilik Çalışmalarında Sürdürülebilir Kalkınma Üzerine Girişimi

T.S. Griffin

U.S. Borax Inc., Valencia, California, USA

Sürdürülebilir kalkınma "Şimdinin gereksinimlerine, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama kabiliyetinden ödün vermeden cevap veren gelişme" olarak tanımlanmaktadır.

1998'in sonlarına doğru Rio Tinto, maden, metal ve mineral endüstrisinin küresel ihtiyaçlara ve zorlukları hitap etmesini sağlamak. Küresel Madencilik Teşebbüsünü geliştirmek amacıyla, dünyanın en büyük maden şirketlerinden birkaçı ile birleşmiştir. Sürdürülebilir kalkınma, maden endüstrisinin karşılaştığı çeşitli zorluklara cevap veren tutarlı bir yapı sağlamaktadır.

2000 yılının başlarında Rio Tinto'nun Borax. Rio Tinto içerisinde sürdürülebilir kalkınma kavramını geliştirmek ve analiz etmek üzere pilot proje olarak seçilmiştir. Bunun sonucunda Rio Tinto Borax, firma çalışmalarının ve ürünlerinin sürdürülebilir kalkınmanın üç direğine-ekonomik, çevresel ve toplumsal- katkıda bulunmasını sağlayacak bir misyonla önemli bir projeye başlamıştır. Dünya çapında bir takım, proje misyonunu desteklemek amacıyla 5 ana amaç geliştirmiş ve herbir amaç daha sonra gösterge, ölçüt ve hedeflerle doğrulanmıştır. Takımların izlediği yöntemleri açıklamak için herbir amaçla ilgili örnekler alınacaktır.

2002 yılı boyunca geliştirilen, sürdürülebilir kalkınma amaçları, kullanılan metodoloji ve gösterge örnekleri, ölçütler ve hedefler sunulacaktır. 2002 yılının ortalarında takım, sürdürülebilir kalkınmayı Borax'm karar verme süreçleriyle bütünlemek için stratejiler geliştirmiştir. Bu stratejiler şu anda uygulanmakta olup. 2003 yılında bütünüyle tamamlanması beklenmektedir.

Bu çalışma, Sürdürülebilir Kalkınma'da çevresel etkileri minimuma indirirken, cevher kaynaklarının kullanımı ve cevher hazırlama randımanlarını çevreleyen operasyon hedefleri üzerinde odaklanacaktır. Rio Tinto Borax'ın küresel çalışmalarının yanısıra, Kaliforniya Boron'daki dünya sınıfı madeni ve işletme kuruluşundan da örnekler verilecektir.

Alkalinitenin Kuvars Flotasyonuna Olan Etkisi

A. Sayılğan & A.İ. Arol

Maden Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Alkalinite suyun kuvvetli bir asidi nötrleme kapasitesidir. Doğal sularda, bu kapasite HCU, (JO," ve UH bazları ile birlikte silikatlar, boratlar, fosfatlar ve organik bazlar gibi doğal sularda az miktarlarda bulunan türlere bağlıdır. Alkalinite büyük çoğunlukla suyun içerisindeki toplam karbonat miktarı ile değişir. Rotasyonun su kimyasına da bağlı bir işlem olması sebebiyle, su kimyasındaki değişimler flotasyon işlemini etkilemektedir. Bu sebeple, alkalinite flotasyon işleminde dikkat edilmesi gereken bir husus olabilir. NaHCO₃ konsantrasyonu olarak ifade edilen alkalinitenin kuvars flotasyonuna olan etkisi amin türü bir kollektör ve Na-oleat ile Ca²⁺ iyonlarının varlığında alkali pH değerlerinde çalışılmıştır. Sonuç olarak, suyun içerisindeki NaHCO₃ konsantrasyonu arttıkça ve da bir başka değişle suyun alkalinitesi arttıkça, kuvarsın yüzebilirliği her iki kollektör (amin ve Na-oleat) kullanıldığında da azalmaktadır.

Afşin/Elbistan ve Sorgun/Yozgat Linyitlerinin Bağlayıcı Eklenmeden Briketlenmesi

M. Yıldırım

Maden Mühendisliği Bölümü, Çukurova Üniversitesi. Adana, Türkiye

Bu çalışmada. Afşin/Elbistan ve Sorgun/Yozgat'tan alınan linyit örneklerinin temizleme ve briketleme deneylerinin sonuçları sunulmuştur. Çalışmanın ana amacı, linyit örneklerinin lümik asit içeriğinin briketleme işlemindeki bağlayıcı etkisini belirlemektir. Sallantılı masa ve llotasyon yöntemleri kullanılarak Alkali/Elbistan ve Sorgun/Yozgat ünyitlerindeki kül içeriği sırasıyla % 29.8 ve % 14.8'e düşürülmüştür. Temizleme İşleminden sonra, örnekler atmosferik şartlarda kurutulmuş, daha sonra 90°C'deki fırında 48-192 saat süreyle okside edilmiştir. Okside olan numuneler, kömür İanelerinin agglomère olmasını sağlayan amonyum lumat açığa çıkarmak için yine 90°C'de, 2L'lik laboratuvar reaktöründe 1 saat süreyle amonyum hidroksit (NH₄OH) ile reaksiyona sokulmuştur. Ham briketler 135'den 175°C'ye kadar 1 saat ısıtılmıştır. Briketleme basıncı 460-1565 kg/cm² arasında değişmektedir. Sonuç olarak, her ne kadar iki numuneden elde edilen briketlerin kırılmaya karşı mekanik dayanımları tatmin edici seviyeye ulaşsa da. Afşin/Elbistan İm> itinden elde edilen briketlerin suya karşı dayanımının İetersiz olduğu saptanmıştır

Na-K Feldispat* m Seçimli Yöntemle Nefelin Syenit'ten Ayrımı

C. Karagüzel

Maden Mühendisliği Bölümü, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye

C. Demir

Maden Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi. Trabzon. Türkiye

İ. Gönllü

Maden Mühendisliği Bölümü. Balıkesir Üniversitesi Balıkesir. Türkiye

İ. Bentli

Maden Mühendisliği Bölümü. Düzce Üniversitesi. Kütahya, Türkiye

M.S. Çelik

Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul. Türkiye

Granit, pegmatit ve nefelin syenit gibi feldispat kayaçlarının önemli bir bölümü matriks yapıları içerisinde Na^+O ve K_2O miktarlarında Na-feldispat (albit) ve K-feldispat (mikroklin ya da ortoklas) bulundurmaktadır. Pratik uygulamalarda temel amaç Na^+O ve K_2O değerlerinden birini %8'in üzerine çıkarmak ve diğerlerini %3'ün altında tutmaktır. Özdeş kristal yapılarına ve fizikokimyasal özelliklerine sahip olmalarına rağmen flotasyon bu minerallerin ayrımı için makul bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Ueçmiş çalışmalarımızda, Na ve K feldispatın seçimli ayırım mekanizmasını anlayabilmek için tek ve çok değerlikli tuzlarla yapılan amin flotasyonu: zeta potansiyeli, çözünübilirlik, yüzey gerilimi, ve adsorbsiyon ölçümleri ile birlikte araştırılmıştır. Bildiğimiz kadarıyla bu araştırma, bu alanda yapılan ilk kapsamlı çalışmadır.

Bu çalışmada, sentetik feldispat karışımındaki albit ve mikroklin'e doğal pH'da amin (G-TAP) kullanılarak, tek değerlikli inorganiklerle. 5×10^{-4} M optimum luz konsantrasyonunda seçimli flotasyon uygulanmıştır. Bu yöntemin, nefelin syenit cevheri üzerinde manyetik ayırımı takiben flotasyon işlemi kullanılarak uygulanması neticesinde toplam alkali içeriğinde görülen büyük artışla birlikte renkli safsızlıkların önemli ölçüde uzaklaştırıldığı gözlenmiştir. Özellikle, şlam kaplamasının flotasyon randımanı üzerindeki dikkate değer etkisi şaşırtıcıdır. Bu çalışmada, tek değerlikli İnorganikler kullanılarak nefelin syenit cevheri üzerinde uygulanan seçimli flotasyon. cevherin pertitik yapısının Na ve K-feldispat in seçimli ayırımını engellediğini göstermiştir.

Pirit'in Mikrodalga Isınma Özellikleri ve Mikrodalga Uygulamasının Manyetik Ayırma Üzerindeki Etkisi

T. Uslu

Maden Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye

Ü. Atalay

Maden Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Bu çalışmada, pirit'in mikrodalga ısınma karakterleri ve pirit'in mikrodalga uygulanmış manyetik iyileştirilmesi incelenmiştir. Çalışmalar boyut fonksiyonları -1680+850 um, -850+420 um ve -420 um pirit numunelerinin 850 W, 680 W ve 510 W güç seviyelerinde ve 2.45 Ghz dalga boyunda mikrodalga fırınında mikrodalga ısıtmalarını içermektedir. Mikrodalga işlem görmüş, -420 (im parça boyutu olan pirit numuneleri, manyetik ayırma işlemine tabi tutulmuş ve 0.1, 0.3, 0.5 Tesla manyetik alan şiddetleri uygulanmıştır. Pirit numunelerinin ısınma hızı ve maksimum kazandıkları sıcaklık artan güç seviyesi ile ve azalan parça boyutu ile artmaktadır. Bütün ısıtmalarda, en yüksek kazanılan sıcaklık ve ısınma hızı -420 um boyut fraksiyonunda ve 850 W güç seviyesinde gözlemlenmiştir. Sıcaklık 800°C'ye 495 saniyede yükselmektedir. Manyetik ayırma deneyleri göstermiştir ki, manyetik ürün veriminin miktar artan sıcaklıkla ve manyetik alan şiddeti ile artmaktadır. 825°C'de 120 saniye ısıtma sonrasında, pirit'in %97'si manyetik ürün olarak, 0.5 Tesla manyetik alan şiddetinde manyetik ayırma sonucu alınmıştır.

Türkiyedeki Üç Değişik Fosil Kökenli Yakıtların Yanma Özelliklerinin Karşılaştırılması

C. Hiçyılmaz&N.E. Altun

Ona Doğu Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

Bu çalışmada. Çorum-Alpagut Linyitlerinin. Zonguldak-Uzülmez Bitümen Kömürlerinin ve Şırnak-Avgamasya Ahfaltitlerinin ısıl özellikleri ve reaksiyon kinetikleri . Termogravimetrik Analiz Yöntemi (TG/DTG) ve Arrhenius Kinetik Modeli ile nitelik ve nicelik açısından karşılaştırılmış, göz önünde bulundurulmuş bu yakıtların tutuşma ve yanma özellikleri, reaksiyon süresince kritik noktalarının bulunması incelenmiştir. Deneyler sonucunda. Alpagut Linyitlerinin. Zonguldak-Uzülmez Bitümen Kömürlerinin ve Avgamasya Ahfaltitlerinin farklı yanma özellikleri gösterdikleri saptanmış ve bu yakıtların yanma özellikleri ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Kömür Endüstrisinde Krebs gMAX Siklon Gelişimi

R. van Ommen

Krebs Engineers Europe, Manager Applications and Sales, Obere Hauptstrasse 27/3/4 Top27, Austria

R.G. Moorehead

Krebs Engineers, USA

Kömür uygulamalarına ait gMAX geliştirme programı, belirli bir siklon dizaynının bütün endüstriler ve tüm uygulamalar için en iyi sonucu vermediğini ortaya çıkarmıştır. Siklon ayırıştırma mekaniklerinin, besleme karakteristiklerinin ve operasyon biçimlerinin, sadeleştirilmiş bir yaklaşım ortaya koymak için oldukça karmaşık olması nedeni ile. belirli bir uygulama için dizayn edilmiş bir siklon, başka bir endüstriyel uygulamada direk olarak uygulanamamaktadır Herhangi bir siklon uygulamasında özel proses gereklilikleri mutlaka değerlendirmeye alınmalıdır. gMAX kömür geliştirme programı, eşi bulunmayan gMAX geometrisinin, en uygun giriş ve üst çıkış geometrileri ile birlikte siklon alt kısımları santrifüj hız artışının daha İnce sınıflandırma sağladığını kanıtlamaktadır Bu karakteristik. gMAX siklonlarını, kömür uygulamaları için en avantajlı hale getirmektedir

Yüzey Alanı, Büyüme Ortamı ve İnert Katıların Kompleks Çinko-Kurşun Sülfürlerinin Biyolojik Özütleme Üzerine Etkisi

H. Deveci, İ. Alp & T. Uslu

Maden Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 61080 Trabzon, Türkiye

Sülfür minerallerinin biyolojik öztüleme işlemi, tabiat olarak üzerinde pek çok operasyon değişkeninin etkili olduğu karmaşık bir süreçtir. Bu çalışmada; yüzey alanı (tane boyu ve pülp yoğunluğunun fonksiyonu olarak), büyüme ortamı ve inerti katının, kompleks sülfür cevher/konsantresinden çinko elde edilmesi üzerindeki etkileri, asidofilik bakterilerin mezotermik ve orta termotermik suşları kullanılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, tane boyundaki azalma ile artan yüzey alanı, düşük pülp yoğunluklarında (%1-2 ağırlık/hacim) cevherden çinkonun çözünmesini arttırmaktadır. Bununla birlikte, boyut küçültme işlemi (öğütme) sülfür minerallerini aktif hale getirebilir. Fakat artan pülp yoğunluğu ile birlikte yüzey alanında gözlenen aşırı artış, bakterinin sonradan elde edilen mineralin lehine oksidasyon koşullarını devam ettiremediği için çözünme prosesini olumsuz yönde etkilemektedir. Pülp yoğunluğu arttıkça, istenilen çinko ekstraksiyonunu elde edebilmek için, kalma zamanının uzatılması gerekmektedir. Besiyeri tuzlarının ilavesi optimum biyo-öztüleme şartlarını koruyabilmek için zorunludur, sağlanacak besiyeri tuzlarının konsantrasyonu, biyolojik oksidasyon için gereken substrat in sağlanabilirliğine (giriş tenoru ve/veya pülp yoğunluğu) bağlıdır. Bu çalışmada ayrıca, inert katı (kuvars) ilavesinin biyo-öztüleme üzerinde sınırlı bir etkisi olduğu da saptanmıştır.

Kalsit Mineralinin YüzeY Pürüzlülüğünün BET ve Surtronic3⁺ Teknikleri Kullanılarak Karakterize Edilmesi

U.Ulusoy & M.Yekeler

Cumhuriyet Üniversitesi. Maden Mühendisliği Bölümü, Sıit40 Sivas, Türkiye

C.Hiçyılmaz

Orta Doğu Teknik Üniversitesi. Maden Mühendisliği Bölümü Ankara. Türkiye

Bilyalı, çubuklu ve otojen değirmenlerde öğütölmüş, kalsit mineralinin yüzeY pürüzlölük değeri BET ve Surtronic3⁺ teknikleri ile belirlemek için deneysel çalışmalar yapılmıştır. BET (Brunauer-Emmett-Teller) tekniğıyle belirlenen tanelerin yüzeY pürüzlölük değeri, ölçölen yüzeY alanı değeriinden hesaplanarak RBET değeri olarak ifade edilmiştir ve 15.98 ile 19.98 arasında değışmiştir. Surtronic3⁺ direk ölçüm tekniğıyle belirlenen yüzeY pürüzlölük değeri ise Ra parametresi ile ifade edilmiş ve 2.90 ile 3.54 um arasında değıştiğı gözlemlenmiştir farklı değirmenlerde öğütölen kalsit mineralinin her iki teknikle de belirlenen yüzeY pürüzlölük değeriine göre en düşük pürüzlölük değeri otojen öğütölmüş kalsit tanelerinde gözlenirken çubuklu değirmen ürünle en yüksek pürüzlölük değeriine sahip olmuştur. Son olarak hesaplanan RBET değeri ile ölçölen Ra değeri arasında Ra değeriinin aralan RBET değeri ile arttığı bu korrelasyon kurulmuştur. Bulunan ampirik bağımlı $Ra = 6.24 R_{BET} - 2.16$ şeklinde ifade edilebilir.

Kimyasal İşlemin Pirinç Kabuğundan Aktif Silika Elde Edilmesi Üzerine Etkisi

H. Kurama

Maden Mühendisliği Bölümü. Osmangazi Üniversitesi, Balı Meşelik, Eskişehir. Türkiye

S. K. Kurama

Malzeme Bilimleri re Mühendisliği Bolümü. Anadolu üniversitesi, Eskişehir. Türkiye

Pirinç kabuğu, pirincin büyümesi sırasında pirinç taneleri üzerinde oluşan doğal kılıflardır. Pirincin rafinerisi sırasında ayrılan bu kabukların ticari değeri yoktur. Kabuğun başlıca % 70-75'ini lignin, selüloz ve şeker gibi organik maddeler, geri kalanını ise az miktarda alkali ve diğer eser elementlerle birlikte silika oluşturmaktadır. Yüksek silika içeriği nedeniyle pirinç kabuğu silikon karbid, silikon nitrit ve zeolit gibi pek çok silikon bileşiğinin hazırlanmasında kullanılan bir kaynak haline gelmiştir.

Alkali metallerin çeşidi ve miktarı pirinç kabuğunun inert atmosferde ısıl bozması sonrasında silika külünün saflığını etkilemektedir, Bu nedenle, pirinç kabuğunun silika kaynağı olarak kullanımı safsızlıkların atılmasından Önemli ölçüde etkilenmektedir.

Bu çalışmada kimyasal İşlemin yüksek saflıkta silika üretimi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Silika üretimi için Kastamonu bölgesinden sağlanan pirinç kabukları kaynak olarak kullanılmıştır. Bu kabuklar öncelikle kirlenici safsızlıklardan arındırılmaları için su ile yıkanmışlar ve sonrasında etüv içerisinde 100°C de 24 saat süresince kurutulmuşlardır. Kurutulan kabuklar, pirinç külünün silika içeriğinin artırılması amacıyla kalsinasyon işlemi öncesi kimyasal işleme tabii tutulmuşlardır. Deneylerde inorganik safsızlıkların kabukları uzaklaştırılması için liç reaktif olarak MCI asit kullanılmış ve liç sıcaklığı, reaktif konsantrasyonu, üç süresi ve katı oranının silika külünün safsızlığı üzerindeki etkisi sistematik olarak incelenmiştir. Liç test sonuçları %99,74 silika içeren yüksek saflıkta silika üretilebileceğini göstermiştir. Pirinç kabuğu ve küllerinin yüzey özellikleri Taramalı Elektron Mikroskobu kullanılarak analiz edilmiştir.

Düşük Kaliteli Pomzalardan Isı İzolasyonunda Kullanılabilecek Duvar Malzemelerinin Üretimi

A. Sanışık

Afyon Kocatepe L'niversitesi. Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 03000 Afyon, Türkiye

Binalardaki enerji tasarrufu nun sağlanabilmesi için binaların dış duvarlarında kullanılan malzemelerin yüksek ısı izolasyon kapasitesine sahip olmaları istenir. Pomza türü duvar malzemelerin ısı iletkenliği DIN 4108-4'te verilen değerlerden daha düşüktür. Pomzalardan üretilen bloklar üzerinden yapılan testler sonucunda, duvar malzemelerinin ısı iletkenliğini etkileyen ana parametreler tespit edilmiş ve ayrıca iyi bir İzolasyon kapasitesine sahip bir ürün (duvar malzemesi) geliştirilmesi için optimum şartlar belirlenmiştir. Malzeme üzerinde yapılan testler ve hesaplamalar sonucunda duvar malzemelerinin ısı iletkenliklerini tespit edilebildiği prosedür belirlenmiştir.

Kritik Hız Oranının Bir Laboratuvar Bilyalı Değirmeninde Klinker ve Kireçtaşının Kinetik Kırılma Parametreleri Üzerindeki Etkisi

V.Deniz, A.Gelir&A.Demir

Süleyman Demirel Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, İsparta, Türkiye

Bu çalışmada, Göltaş (İsparta-Türkiye) çimento fabrikasında kullanılan klinker ve kireçtaşı örnekleri üzerinde hız kinetik model temelinde kesikli öğütme sarılarında değirmenin kritik hızının etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, ilk olarak -0.850+0 106 mm aıası \2 elek serisine göre 6 farklı tek boyutlu fraksiyonu hazırlanmıştır. Daha sonra, S, ve B, eşitlikleri farklı öğütme zamanlarındaki boyut dağılımları için belirlenmiş ve model parametreleri S_n , u , y ve (P_n) beş farklı değirmen hızında (Kritik hızı %'si: %55, %65, %75, %85 ve %95) kıyaslanmıştır. Test sonuçları, öğütme üzerine değirmen kritik hızının %'sinin etkisi iki örnek için farklı sonuçlar doğurmuştur.

Kireçtaşı Örneğinde Öğütme Kinetik Parametreleri ve Bond Öğütülebilirliği Arasındaki İlişkiler

V. Deniz

Süleyman Demirel Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İsparta, Türkiye

Bir malzemenin öğütülebilirliği, öğütme makinasının boyutlandırılmasında kullanılan tek unsurdur, iler ne kadar. Bond öğütülebilirlik testi endüstriyel öğütme makinasının ihtiyaç duyduğu gücün belirlenmesinde yaygın olarak kullanılsa da, son yıllarda öğütme devrelerin tasarlanmasında daha çok kinetik öğütme modeli kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, kırılma parametreleri (S_i , a_T , γ ve β) ile Bond öğütülebilirlik (Gbg) değeri arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. S_i , a_T , γ ve β parametrelerinden elde edilen ilişkilerin geçerliliği sırasıyla 0.96, 0.92, 0.90 ve 0.78 korelasyon katsayıları ile kabul edilebilir değerde olduğu bulunmuştur.

Manisa-Alaşehir Pegmatitlerinden Feldispat Kazanımı

S. Saklar, C.Oktay, M.Karadeniz & S. Gürsü
Meiden Tetkik Amma Enstitüsü (MTA). Ankara, Türkiye

Bu çalışmada. Manisa-Alaşehir pegmalil numunelerinden feldspar ka/anımı araştırılmıştır. Kimyasal ve mineralojik analizler sonucunda numunelerin toplam alkali miktarı 7-8% olmakla birlikte. Fe:Oj ve TiO: (renkli safsızlık) miktarları sırasıyla 0.4 ve 0.5'tir. manyetik ayırma sonrasında cevherin safsızlıklar Fe⁺O, içm 0.15% ve TiO: içm 0.03%*e düşürülmüştür. Aynı /amanda numuneler flotasyon İşlemine de tabii tutulmuş ve her iki safsızlık da 0.1%'i altına düşürülmüştür. Mineralojik çalışmalar sonucunda numuneler içerisinde bulunan titanyumun bir çeşit mika minerali olan phlogopite ile ilişkisinin bulunduğu gözlemlenmiştir. Bu sebeple mika minerallerinin cevher içerisinde manyetik ayırma yöntemiyle alınmadı. titanyum miktarının önemli ölçüde azalmasına yol açmıştır. Elde edilen konsantreler üzerinde 1250°C'de pişirme deneylen de uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar kimyasal analiz sonuçlarını desteklemektedir.

Piritin Bakteri İle Özütleme

F. Göktepe

Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir Meslek Yüksek Okulu, Balıkesir, Türkiye

F.D. Pooley

Cardiff University, School of Engineering, U.K.

Bakterilerin süttir minerallerinin oksidasyonunu katalize edebilme yetenekleri iyi bilinen bir konudur. Doğal olarak oluşan sülfür mineralleri arasında en çok rastlanan mineral olan pirit, tüm ticari süttir cevher yataklarında ikincil mineral olarak varolmaktadır. Bu çalışmada piritin farklı boyutlarda ve pülp yoğunluklarında yapılan bakteriyel özütleme işleminin neticeleri sunulmaktadır. Pirit özütleme, şişelerde ve farklı boyut fraksiyonları için 1.7 litre kapasitesi olan laboratuvar çaptaki reaktörde yapılmıştır. Deneyler neticesinde, tane boyu azaldıkça pirit özütleme oranının arttığı saptanmıştır. İri tane boyu için demir oksidasyonu oranının pülp yoğunluğuna bağlı okluğu belirlenmiştir. Aynı zaman aralığında, -63+56 mikron boyul fraksiyonu için 48 saatte, %1 pülp yoğunluğunda %45 Fe oksidasyonu elde edilirken, %0.5 pülp yoğunluğunda ise %35 Fe oksidasyonu elde edilmiştir. Deneyler, piritin bakteriyel oksidasyonu hızının tane boyutuna ve biraz da reaktör içinde yapılan özütleme ile kıyaslandığında şişe içerisinde elde edilen daha hızlı oksidasyon oranına bağlı okluğunu göstermiştir.

Reaktif Ekleme Noktalarının ve Havalandırmanın Sülfürlü Minerallerin Flotasyon Performansına olan Etkisi

A. Aslan

Maden Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye

Z. Ekmekçi & İ. Bayraktar

Maden Mühendisliği Bölümü, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Türkiye

B. Aksarı

Çayeli Bakır İşletmeleri A.Ş., Rize, Türkiye

Bütün dünyada flotasyon işleminde çok çeşitli reaktifler kullanılmaktadır. Minerallerin flotasyon sonuçları sadece tesislerde kullanılan reaktiflerle değil, aynı zamanda bu reaktiflerin eklenme noktalarıyla da değişmektedir. Bu sebeple en iyi metallurjik sonuçları elde edebilmek amacıyla en uygun reaktif ekleme noktalarının bulunması büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, flotasyon deneyleri, reaktif ekleme noktalarının ve havalandırmanın sülfürlü minerallerin flotasyonuna olan etkisini bulmak amacıyla yapılmıştır. Flotasyon deneylerinde Çayeli kompleks sülfürlü cevheri kullanılmıştır. Flotasyon deneyleri sırasında çeşitli reaktifler kullanılmıştır. Kireç (CaO) pH ayarlayıcısı, di-isobutyl dithiophosphate (Aerophine 341817) toplayıcı ve methyl iso-butyl carbinol (MIBC) köpürtücü olarak kullanılmışlardır. Flotasyon deneylerinde toplayıcı ve kireç birlikte veya ayrı olarak öğütme öncesi veya öğütme sonrası kullanılmışlardır. Ayrıca, havalandırmanın etkisini bulmak için iki deneyde flotasyon pülpü havalandırılmıştır. Toplayıcı ve/veya kireç ekleme noktaları değişikçe pulp potansiyelinin büyük ölçüde değiştiği bulunmuştur. Aynı zamanda, pirit, kalkopirit ve sfaleritin flotasyon davranışları reaktif ekleme noktaları değişimlerinden ve havalandırmadan etkilenmektedir. Sadece bakır tenoru ve kaba konsantresinin Cu verimi değil aynı zamanda kalkopirit-sfalerit ve kalkopirit-pirit ayrımı da büyük ölçüde etkilenmektedir. Sonuç olarak, reaktif ekleme noktası ve havalandırma sülfürü minerallerin flotasyon davranışlarını farklı olarak etkilemektedir. Bir tesiste reaktif ekleme noktalarının seçimi, verimi ve sülfürlü minerallerin seçimli flotasyonunu etkilediği için çok önemlidir. Bir tesiste en iyi sonuçları elde edebilmek amacıyla bu konu ayrıntılı olarak çalışılmıştır.

Sülfürlü Kompleks Bir Cevherin Mezofilik ve Yüksek Termofilik Bakteriler ile Biyolojik-Özütlenmesi: Ergun Test Kullanılarak Verilerin İstatistiksel Analizi

H.Deveci

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon, Türkiye

M.A. Jordan & N.Powell

Camborne School of Mines (University of Exeter), Red ren l h, Cornwall. UK

Bu çalışma, bakteri süsüsü. tuzluluk ve pl Tın kompleks bir cevherin mezofilik ve yüksek termofilik bakteriler kullanılarak yapılan biyolojik-özütlenmesine olan etkilerini araştırmaktadır. Sonuçlar Ergun Testi kullanılarak istatistiksel olarak analiz edilmiştir.Çİnko ve mezofillerin karşılaştırmalı çözünme kinetiklerinden önce yapılan istatistiksel analiz tarafından doğrulanan sonuçlar göstermektedir ki. cevher çİnko ve yüksek termofi İlerin seçimli ayırımına uygundur. Yüksek termofi İlerin biyolojik özütlenme performanslarının artan asitlilikle (pH 2.0 dan 1.0'a) arttığı, bunun yanında mezo ti Herin aktivitelerinin azalan pH ile olumsuz etkilendiği bulunmuştur. İstatistiksel analizler sonucunda, yüksek termoftHerin pH'ını etkisi 1.0-1.6 arasında, mezofi Her için ise 1.6-2.0 arasında Önemsiz bulunmuştur. Tuzluluk İmezofiller için basturucu etki göstermektedir. Fakat, yüksek termofiller halofilik özellik göstermektedir bu yüzden tuzluluk koşullarında (1-4% Cl) etkilerini göstermektedirler.

Murgul-Çakmakaya Bakır Cevherinin Flotasyonu ve Kapalı Devre Flotasyon DeneY Sonuçlarının Belirlenmesi

V. Ç. Önen& H. Özşen

Maden Mühendisliği Bölümü, Selçuk Üniversitesi. Konya, Türkiye

Flotasyon devrelerinin geliştirilmesi aşamasında, optimum proses devresi ve operasyon koşullarının belirlenmesinde gerekli verileri toplamak için pilot veya laboratuvar Ölçekli pek çok test yapılması zorunludur. Laboratuvarda yapılan testler, cevherin metalurjik performansı hakkında bilgi vermekle birlikte sürekli sistemler için doğrudan kullanılmamaktadır. Sürekli sisteme geçmede sağlıklı sonuçlar elde edebilmek için, kapalı devre flotasyon ve pilot-tesis çalışmaları yapılmalıdır.

Son zamanlarda bazı cevher hazırlama çalışmalarının sonuçlarını bilgisayar destekli matematiksel modellerle simüle etmek ya da tahmin etmek yaygın hale gelmiştir. Test sonuçları bu modellerin desteğiyle laboratuvarda yapılan klasik flotasyon testlerinden elde edilen veriler kullanılarak belirlenmektedir.

Bu çalışmada. Murgul-Çakmakaya bakır cevherinin flotasyonu sonucunda elde edilen kesikli laboratuvar deneY verileri kullanılarak, simülasyon yöntemi ile kapalı devre flotasyon deneY sonuçları belirlenmiştir. Böylece, yürütülmesi çok güç. zaman alıcı hatta bazı durumlarda imkansız olabilen kapalı devre flotasyon deneyleri yapmaksızın, kapalı devre Rotasyon deneY sonuçları, flotasyon süreleri ve gerekli toplam selül hacimleri belirlenmiştir.

Stokastik Yaklaşım Yöntemi Kullanılarak Cevher Harmanlama Sorununun Çözümü

M. Kumral

Maden Mühendisliği Bölümü, İnönü Üniversitesi. Malatya, Türkiye

Üretim panolarından, damarlardan ve maden yataklarından gelen cevher farklı nitel özelliklere sahip alabilmektedir. Dolayısıyla, cevher tenöründeki dalgalanma nihai ürün konsantrisinde değişime neden olabilir. Bu sorunun ele alınması için mevcut bir opsiyon, farklı kaynaklardan gelen cevherleri harmanlamaktır. Bu nedenle, etkili harmanlama sağlayacak bir karışım elde edebilmek için her bir pano, damar ve cevher yatağından gelen harmanlama oranları belirlenmelidir. Bu çalışmada problem, harmanlama gereksinimlerini tatmin edecek şekilde nihai ürünün toplam malzeme maliyetinin minimize edilmesi problemi olarak açıklanmıştır. Her bir kaynağın mineral içeriğini karakterize eden gelişigüzel değişkenler hakkındaki bilgiler kullanılarak, tesadüfi kısıtlar doğrudan, deterministik kısıtlara çevrilmiştir. Problem daha sonra, en iyi sonuçları elde etmek için simulated annealing algoritma (SA) ile çözülmüştür.

Her bir akıştaki her bir değişkenin değişkenliği yarı-varyogramlarla nicelendirilmiştir. Her akış, fenomenin karakteristikleri ya da davranışlarını yeniden üretmek amacıyla elde bulunan verilerde gözlemlendiği gibi simüle edilmiştir. Her bir akıştaki her bir değişkenin beklenen değeri, simüle edilen değerlerin ortalama alınarak hesaplanmıştır. Teknik Zoulenrijk Yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlarla karşılaştırılan bir vaka çalışması ile açıklanmıştır.

Piiofilit Cevherinden Demir Ayrımı Liç Deneylelerinin İstatistiksel Tasarımı ve Optimizasyonu

T.Şahin, M.Kumral & M.Erdemoğlu

Inoni Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 44069, Malatya, Türkiye

Demir, seramik hammaddelerinin kalitelerini olumsuz yönde etkileyen bir «arsızlıktır. Bu sebeple, demir piroillitten uzaklaştırılmalıdır. Bu çalışmanın amacı demirin pirolilitten uzaklaştırılmasında^ farklı işlemlerin etkilerini. islatıslıklı tasarlanmış deneylerle karşılaştırmak ve tahminde bulunmaktır. Aynı zamanda bu çalışmadademirin uzaklaştırılmasını ınaksimumlaştıran optimum deneysel parametreler araştırılmıştır Her bir faktörün etkisi Yates metodu ile bulunmuştur. Hangi etkilerin verim üzerinde önemli olduğu varyans analizi ile bulunmuştur. Ktkisiz olan faktörler atıldıktan sonra, yeni modelin doğruluğu test edilmiştir. Bu etkiler doğrultusunda dört parametrenin fonksiyonu olan çoklu regrasyon denklemi çıkarılmıştır. Bu dört parametre organik asit konsantrasyonu, sülfürik asit konsantrasyonu, zaman ve sıcaklıktır. Demirin uzaklaştırılmasını maksimum olarak sağlayabilmek cevaplanacak değişken olduğundan, regrasyon modeli bir optimizasyon problemi olarak kabul edilmiş ve dik çıkma (SA) yöntemi ile çözülmüştür. Sonuçlar göstermiştir ki çoklu regrasvon analizi ve SA'nın birleşimi olan metod optimum deneysel paramelrelerin sayısal ve nitelik olarak bulunmasını sağlamaktadır.

Sfalerit Konsantresinin FeCyHCl Çözeltisinde Liç Şartlarının Belirlenmesi

A. Aras, S. Aydoğan & A. Özkan

Maden Mühendisliği Bölümü, Selçuk Üniversitesi, Konva, Türkiye

M. Canbazoglu

Maden Mühendisliği Bölümü, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, Türkiye

Bu çalışmada sfalerit (ZnS) konsantresinin FeCh/HCl çözeltisinde liç şartlarının belirlenmesi araştırmaları yapılmıştır. Araştırmalarda karıştırma hızının, ferrik iyonları değişiminin (0-1.0 M), katı/sıvı oranının (5/500-100/500 g/ml), liç sıcaklığının (40-90°C) ve tane boyutunun Zn çözünmeye üzerine etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Zn çözünmeye veriminin; katı/sıvı oranı ve tane boyutu ile ters orantılı, sıcaklık ve ferrik iyonları derişimi ile doğru orantılı olarak arttığı ve karıştırma hızından bağımsız olduğu belirlenmiştir. 8 saatin sonunda 80°C sıcaklık, 10/100 g/ml katı/sıvı oranında ve 1.0 M Fe³⁺ derişiminde % 82' lere varan verimle Zn kazanımı sağlanmıştır.

İyonlaşmayan Organik Kirleticilerin Organo-Zeolit Tarafından Soğurulması

B.Ersoy&E.Sabah

Afyon Kocütcü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Afyon, Türkiye

U.Mart & M.S. Çelik

İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, İstanbul, Türkiye

Bu çalışmada, yeraltı sularında ve pis sularda bulunan aniline ve nitrobenzen gibi iyonlaşmayan organik kirleticilerin doğal zeolit ve organo-zeolit üzerine, kesikli ve sürekli sistemlerdeki yapışma mekanizmaları araştırılmıştır. Aniline ve nitrobenzen'in doğal zeolit yüzeyine yapışma kapasiteleri çok düşük hatta sıfırdır. Zeolit yüzeyi hexadecyltrimethylammonium (HDTMA) ile modifiye edildiğinde ise aniline'in yapışma kapasitesi önemli ölçüde artmaktadır. NOC'ların OZ üzerine yapışmasında bölme mekanizması etkilidir. Bölme mekanizmasının etkinliği NOC'ların hidrofobik Özelliklerine bağlıdır. Nitrobenzen'in OZ üzerine yapışmasının aniline'den daha fazla olduğu bulunmuştur.

Merzifon-Yeni Çeltek Kömür İşletmeleri Yıkanmış İnce Kömürünün Briketlenmesi

G. Özbayoğlu, Ü. Atalay & C. Hiçyılmaz

Maden Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi. 06531, Ankara, Türkiye

Bu çalışmada briketlerin dayanımını etkileyen önemli parametrelerden bazıları incelenmiştir. Ön laboratuvar çalışmaları, kireç ve melas kombinasyonunun sadece briketlerin mekanik özellikleri değil aynı zamanda işlem maliyeti ve bağlayıcıların sağlanabilirliği de gözönünde bulundurulduğunda en iyi bağlayıcı kombinasyonu olduğunu göstermiştir. Briketleme basıncı, kireç ve melas miktarı, briket şarjının harmanlanma zamanı ve kın utma süresi, araştırma süresince incelenen parametrelerdir. Çalışma neticesinde briketleme basıncı 84 21 kg/cıtr. melas miktarı • 5.8%. kireç kaymağı miktarı: 5.8%: kurulma koşulları: 50°C, 3 gün şartları altında üretilen briketlerin basın dayanımının 67 kg"ın üzerinde olduğu belirlenmiştir. Pilot tesis ölçekli briketler MTA'da üretilmiş ve saatle 10-15 ton kapasiteli briket tesisi için bir akım şeması tasarlanmıştır.

Granit Kesim Çamuru ve Boraks Atıklarının Seramik Malzeme Olarak Değerlendirilmesi

M S Başpınar

Kocatepe İmetsteu 'Teknik Eğilim Fakültesi Afyon Türkiye

A Kartal, A Evcin & S Anasız

kocatepe ünivesitesi Seramik Mühendisliği Bölümü Afyon Türkiye'

Bu çalışmanın temel amacı granit kesimi esnasında işlem atığı olarak ortaya çıkan granit kesim çamurunu karakterize etmek sinterlenme davranışını belirleyerek seramik amaçlı kullanılabilirliğini incelemektir. Bu amaçla yine bu işlem atığı olan boraks zenginleşmiş kesim atıkları (DSM ekk ustusu atığı) farklı oranlarda granit atığına ilave edilerek farklı sıcaklıklarda sinterleme deneyleri yapılmıştır. Deneyler sonunda, granitin teorik yoğunluğuna yaklaşan yoğunlukta hatası malzemeler üretilmiştir. 1125°C de pişirilen numunelerin ıy bu şekilde sinterlendiği su emme oranlarının %1 un altında eğme mukavemetlerinin 27 MPa üstünde olduğu tespit edilmiştir.

Değirmenden Geri Dönen Yükün ve Test Elek Açıklığının Doğal Amorf Kuvarsın Öğütülmesinde Bond İndeksine Olan Etkisi

V. Deniz, N.Sütçü & Y.Umucu

Süleyman Demirel Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, İsparta. Türkiye

Bond indeksi, maddelerin öğütülmesi için gerekli enerjinin hesaplanmasında çok >aygın bir şekilde kullanılmaktadır. Buradan bulunan değerlerde değirmenlerin dizayn edilmesinde önemli bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu Up çalışmalarda yöntemin doğruluğu, belirsizlikler gözönüne alınmadan kabul edilir, ancak bu çok geniş olasılık faktörlerinin ortala çıkmasına neden olur. Çok geniş bir aralıkta enerji ihtimali faktörünün bulunması, motora çok fazla yüklenme dolayısıyla, verimliliğin düşmesi olasılığını gündeme getirebilir. Bu çalışmada devr-ı daim yükünün ve elek test boyutunun. Bond bilyalı değirmen ve çalışma indeksi üzerindeki hata payı dört adet doğal amorf silica üzerinde araştırılmıştır.

Kazakistanda İşlenmesi Zor Cevherlerin Bugünkü Durumu

Y.P., Yeryomin & O.R., Kim

"Complex Processing of Minera/ Raw Materials Natural Center of the Republic of Kazakhstan " RSE, Almaty, The Republic of Kazakhstan

A.A. Niyazov

SSE "Kazmekhandar", Almaty, The Republic of Kazakhstan

M.Z. Zhansov

"NOVA. Tmdiiifi&Cnmmerce AC", Almaty, The Republic of Kazakhstan

Yararlı mineral rezervleri açısından Kazakistan dünyada üst sıralarda yer almaktadır. İşlenmesi zor cevherlerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan problemler bütün dünyada artmaktadır. Günümüzde Kazakistanda işlenmesi kolay cevherler, mineral kaynaklarının yoğun aranma çalışmaları sonucunda çıkartılmaktadır. Çıkartılan başlıca cevherler işlenmesi zor cevherler olup. bunların karakteristik özellikleri yararlı kısımlarının az miktarda olması, oksitlenmiş kısımlarının artmasıdır. Bu bildiriye, bu yatakların teknolojik-minerolojik araştırma sonuçları verilmiştir.

Nano Tane Boyutlu Süspansiyonların Kontrollü Stabilizasyonu

G.B. Başım

Engelhard Corporation Teknik ve Araştırma K-lerkuci. Gordon. CA, USA

LU. Vakeralski. P.K. Singh & B.M. Mnudgil

Malzeme Dilimi ve Mühendisliği Bölümü ve Tanecik Bilimi ve Teknolojisi Mühendislik Araştırma Merkezi, Gainesville. FL USA

Nano iane boyutlu sistemlerin kimyasal ve dinamik açıdan aşın aktif proseslerde stabilizasyonu yeni \akiaşım<lar> gerektirmektedir. Nano tane boyutlu sistemlerde, tanecik hoy ulunun azalmasından kaynaklanan >iize> alanı anısı geleneksel elektrostatik ve polimerik stabilizasyon yöntemlerinin kullanımını etkisiz hale gelmektedir. Bu araştırmada, nano iane boyutlu silika süspansiyonlarının \yüksek pil ve ion konsantrasyonU. kimyasal olarak aşın akli T CMP (kimyasal ve mekanik ditzleme) prosesi ortamında stahilizasyonunu sağlamak için. kendiliğinden yapılanan yüzey aktif moleküller kullanılmıştır. Pozitif yüklü ve kendiliğinden yapılanan surfaktant moleküllerinin tanecikler arasında oluşturduğu yüksek itici kuvvet bariyeri CMP ortamındaki stabilizasyonu sağlamıştır. Araştırmanın sonucu olarak tanecikler arasındaki kuvvetleri kontrol etmek kadar, tanecik ve düzlemlenen yüzey arasındaki kuvvetlerin de kontrol edilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Kontrollü stabilizasyon yöntemleri boya. [kag.it](#) ve cevher hazırlama endüstrilerindeki yeni uygulamaların stabilizasyon gereklerinin sağlanmasında da kullanılabilir.

Madencilik Endüstrisinde Daha Basit ve Daha Düşük Maliyetli Katı-Sıvı Ayrımı

P Costelloe

Pneumapress® Filter Corporation Richmond, California USA

O Kılavuz

Kılavuz Limited Skisin rıtıknc

Bu bildiri, konvansiyonel filtre teknolojilerinin kısıtlarını kıyaslanarak, Pneumapress-K Filter Corporation tarafından tanıtılan yeni katı-sıvı ayrıştırma teknolojisini ortaya koymaktadır. Bu teknolojiye ait operasyon prensibinin ana hatları, bir proses akış di) ağı ağı ile birlikte sunulmuştur. Bildiride cevher uygulamalarına ait iki örnek uygulama çalışması bu teknolojinin verimliliğinin kanıtı olarak yer almaktadır.

Karmaşık Kimyasal İşlemler Sonucunda Ortaya Çıkan Çeşitli Maden Kimyasallarının Fiyatlarının Belirlenmesi

M.Zh Bitimbaev & Zh.A Aldongarov & N.Zhalgassuly & B.A. Moldagulova
The Kimcivev's Institute of Mining, Almaty, The Republic of Kazakhstan

Kömürün kimyasal olarak işlenmesi çok karmaşık bir yapıya sahip olup birçok kimyasal maddenin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Farklı çeşitteki ürünlerin fiyatlarının belirlenmesinde zorluklarla karşılaşmaktadır. Bunun sebebi, tüm üretimler için eş zamanlı olarak masrafların artmasıdır. Bu çalışma farklı tipteki ürünlerin fiyatlarının belirlenmesinde kullanılacak bir yöntemi, piyasa ekonomisini de gözönüne alarak sunmaktadır. Bu yöntem çeşitli basamaklardan oluşmaktadır. Bu bildiriye önerilen yöntem, ürünün kalitesi, fiziko-kimyasal özellikler ve ısı değerlerinde gözönüne alınarak belirlenmekte ve herhangi bir fiyat düzeltilmesine gerek göstermemektedir..

