

KALSİT MADENCİLİĞİNİN GELECEĞİNDE OPTİK AYIRMA TEKNOLOJİLERİNİN YERİ VE ÖNEMİ

Metin UÇURUM*

Maden Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Niğde Üniversitesi, Niğde, Türkiye

ÖZET

Kalsit; granül formda birçok alanda kullanılmakla birlikte mikronize boyutlara öğütüldükten sonra birçok sanayi dalında (plastik, boya, kâğıt vs.) kazandırdığı özellikler nedeniyle mümkün olduğu kadar fazla kullanılan ucuz bir dolgu maddesidir. Ülkemiz kalsit rezervlerinin dikkati çeken en önemli özellikleri, yüksek CaCO_3 yüzdesi çok düşük silis ve demir safsızlık oranları ve yüksek beyazlık derecesine sahip olmaları sayılabilmektedir. Her geçen gün granül ve mikronize kalsite olan talebin artmasına paralel olarak açık işletme madenciliği yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilen yüksek tonajlarda tüvenan cevher üretimi ile birlikte ülkemiz kalsit rezerv kalitelerinde düşmeler kendini göstermeye başlamıştır. Bu nedenle, kalsit işletmelerin birçoğu ocaklarında selektif üretime yönelmiş ve söz konusu üretim şeklinin gerçekleştirilemediği durumlarda ise üretilen tüvenan cevher, belli bir boyuta kırıldıktan sonra elle triyajı tabi tutulmaktadır. Ancak bu zenginleştirme uygulamasında genellikle yüksek verimde bir ayırma sağlanamaması nedeni ile kalsit ürün kalitelerinde dalgalanmalar ve büyük tonajlarda artık sahaları meydana gelmektedir. Söz konusu problemlerin çözümünde kalsit sektörü için optik ayırma teknolojilerinin gelecek yıllarda daha da önem kazanacağı ön görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kalsit, Triyaj, Optik ayırma teknolojileri

PLACE AND IMPORTANCE OF OPTIC SORTING TECHNOLOGY IN THE FUTURE OF CALCITE MINING

ABSTRACT

Calcite is used in many areas of the granule form and micronized calcite is a cheap mineral filling material and it can be used many industries (plastic, paint, paper etc.) as much or possible. The most important specifications of Turkish calcite reserves are the high CaCO_3 percentage and a very low ratio of silica and iron in impurities. Calcite need is increasing on a sectoral basis day by day. Therefore, raw ore is produced in high tonnages by using open-pit mining. Consequently, calcite quality parameters are reduced. Therefore, selective production is done in the open pits by miner. If this production method is not possible, raw ore is broken and is subjected to triage. However, in this enrichment separation don't ensure in high yield. In this case, fluctuations occur in product quality and consist of large tonnages waste. In order to solve these problems, optical sorting techniques must be used for calcite sector in future years.

Keywords: Calcite, triage, optical sorting technologies

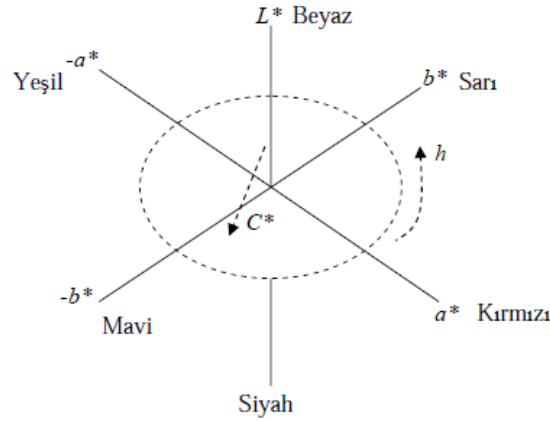
1. GİRİŞ

Kalsit; kimyasal formülü CaCO_3 , kristal tane boyutu 1 mm-10 cm arasında olan kireçtaşının yapıtaşı olan bir mineraldir. Mohs sertlik çizelgesine göre sertliği 3 ve özgül ağırlığı 20°C 'da $2,7 \text{ gr/cm}^3$ ve olup romboeder

*Corresponding author. E-mail: cevher@nigde.edu.tr

yüzeylerine göre (1011)güzel dilinimleri vardır. Kolay kırılır, cam parıltılı, doğada yarı saydam ve mat olarak bulunur. Asitte eriyerek CO₂ kabarcıkları çıkarır. Çift kırılması önemli bir özelliktir. Saf olanlarının bileşiminde %56 CaO, %44CO₂ ve beraberinde birlikte bulunduğu kayaç ve minerallere bağlı olarak azda olsa Mg, Fe, Mn, Zn, Sr, Cu, Pb, Co, Ba, Cr ve As bulunabilir [1].Ülkemiz kalsit rezervleri 10 milyonlarca tonla ifade edilebilir çok zengin cevherlere sahiptir. Bunların dışında henüz rezervi tespit edilmemiş Anadolu'nun hemen her bölgesinde kalsit oluşumuna rastlamak mümkündür. Bilinen rezervlerin toplamı yüz milyonlarca ton ile ifade edilebilir. Türkiye'deki kalsit rezervlerde dikkat çeken en önemli özellikler;CaCO₃ yüzdesi yüksektir, silis ve demir safsızlıkları çok düşük oranlardadır ve öğütüldükten sonraki beyazlık derecesi çok yüksektir [2].

Rengin daha kolaylıkla anlaşılabilir bir tanımını yapmak üzere 1976 yılında CIE, X, Y ve Z tristimulus değerlerinden hesaplanan L*, a* ve b* şeklindeki üç koordinatı bulunan ve CIELab sistemi olarak adlandırılan bir sistemi tanımlamıştır. Bu parametrelerdeki "*" işareti, daha önce geliştirilmiş farklı renk sistemlerindeki benzer formüllerinden CIE formüllerini ayırt edebilmek için kullanılmaktadır [3].CIEL*a*b*renk sisteminde; renklerdeki farklılıklar ve bunların yerleri L*,a*,b* renk koordinatlarına göre tespit edilmektedir (Şekil 1). Burada, L* siyah-beyaz (siyah için L*=0, beyaz için L*=100) ekseninde, a* kırmızı-yeşil (pozitif değeri kırmızı, negatif değeri yeşil) ekseninde, b* ise sarı-mavi (pozitif değeri sarı, negatif değeri mavi) ekseninde yer almaktadır [4, 5]. Bunlarla birlikte, ışıklılık veya reflektans olarak da adlandırılabilen parlaklık değeri de (Ry) beyazlık ölçüm sonuçlarından elde edilmektedir.



Şekil 1. CIEL*a*b* renk alanı [6]

Kalsit; granül formda kullanıldığı gibi özellikle dolgu maddesi olarak birçok sanayi alanında mikronize boyutlara (d₅₀ bazında 100 mikrondan 1 mikron aralığında) öğütüldükten sonra kullanılmaktadır. Gerek granül gerekse mikronize kalsit ürünlerinde en önemli kalite parametrelerinin başında beyazlık derecesi gelmektedir. Kalsit ürünlerinde L*,a*,b* renk parametreleri esas alınarak değerlendirmeler yapılmaktadır. Bu parametrelerden L* (en az %95) den sonra en önemlisi b*değeri olup kalsitte sarılık değerinin göstergesidir. Bu değerinde 1 civarında olması genel kabul görmektedir.

Kalsit cevherinin en önemli ürünü olan mikronize kalsitin kalitesini fiziksel ve kimyasal özellikleri ile parlaklık, beyazlık, örtücülük gibi özellikleri yanı sıra sahip olduğu boyut dağılım eğrisi ve ürün inceliği belirlemekte ve çoğu uygulamalar için (kâğıt, boya vb.) malzemenin performansını doğrudan etkilemektedir [7].

2. TRIYAJ

Ayıklama veya yabancı literatürden Türkçeye geçmiş deyimini ile Triyaj madenciliğinin ilk uygulamalarındandır. Ayıklama ister insan gücü ile elle olsun ister otomatik cihazlarla el değmeden olsun minerallerin bu ayırımı için bazı fiziksel özelliklerinden yararlanmak gerekmektedir. Bu fiziksel özellikler minerallerin şekil ve renkler gibi özellikleridir. Ayıklama nispeten iri mineral parçaları üzerinde uygulanır. Bilhassa elle ayıklamanın ekonomik olması bakımından büyük parçalar halinde değerli ve değersiz cevher parçalarının birbirinden ayrılabilmeleri gerekir[8].Minerallerin renk, parlaklık, flüoresans, radyoaktivite, özgül ağırlık ve genel görünüm

farklılıklarından yararlanılarak, elle seçilerek birbirinden ayrılmasına, elle ile zenginleştirme denilmektedir. Ülkemizde cevherlere uygulanan elle ayıklamaya, triyaj ve tavuklama, kömüre uygulanan da kriblaj adı verilmektedir. Madencilğin ilk uygulamasından beri kullanılan ve en eski cevher hazırlama yöntemi olarak bilinen elle ayıklama, çağdaş teknolojide de yer almaktadır. İşçiliğin ucuz olduğu yerlerde küçük maden işletmelerinde, nihai zenginleştirme işlemi olarak, zenginleştirme tesisleri öncesinde de iri boyutta konsantre üretimi veya artık atmak amacıyla uygulanmaktadır. Elle ayıklamaya tabi tutulacak cevherlerde aranılan özellikler;

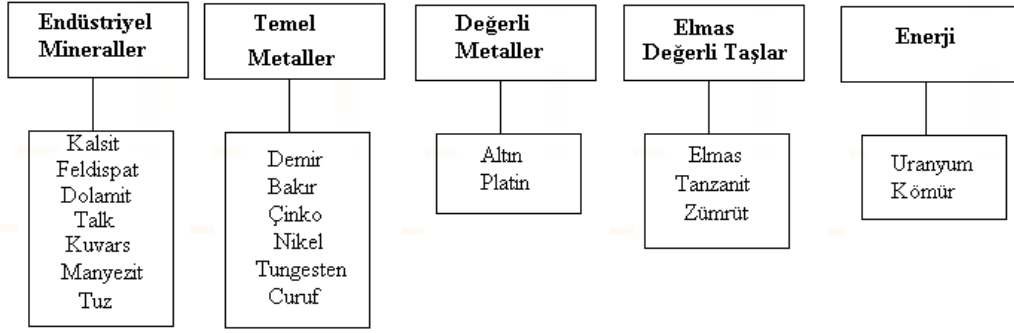
- Elle ayıklamaya tabi tutulacak cevherlerde, birbirinden ayrılması arzulanan mineraller arasında belirgin renk, parlaklık, şekil veya ağırlık farkı bulunmalıdır
- Elle ayıklanacak cevherdeki tane boyutu 3-30 cm arasında olmalı ve birbirine yakın boyutlarda gruplandırılarak ayrı ayrı ayıklamaya tabi tutulmalıdır
- Tanelerin iyi tanınması için, tane yüzeylerini kaplayan toz ve pislikleri uzaklaştırmak için ayıklama öncesinde cevheri yıkamak gerekir [9].

Yer kabuğundaki maden rezervlerinin sınırlı ve tükenbilir olması sebebiyle birincil ve ikincil hammadde kaynaklarının verimli bir şekilde çıkarılması, kullanılması ve geri kazanımı önem taşımaktadır. Bu noktada sensor temelli ayırma sistemlerinin endüstride yaygınlaşması konusu önem kazanmaktadır. Sensor temelli ayırıcılar sayesinde malzemenin yüzey ve mineralojik özelliklerine dayalı olarak yapılacak otomatik uygulamalar, birincil ve ikincil kaynakların daha yüksek verim ve saflıkla değerlendirilmesine imkân sağlayacaktır. Sensor temelli ayırıcılar madencilikte beslemeden ön konsantre kazanımı ve takip eden devrelerde kapasite artışı, ara ürün elde etme, nihai ürün elde edilmesi gibi amaçlarla kullanılabilirler. Bir yığın içinde bulunan farklı özelliklerdeki tanelerin sensorlar aracılığıyla analiz edilip, kullanılan sensorun algıladığı özellikler açısından seçilen tanelerin mekanik yolla veya basınçlı hava ile yığın içinden uzaklaştırılması işlemine sensor temelli ayırma denir. Sensor temelli ayırma, bir yığını oluşturan tanelerin görüntülerindeki göz ile ayırt edilebilen veya edilemeyen farklılıklara bağlı olarak birbirlerinden ayrılmasını sağlayan bir yöntemdir. Bu yöntemde, kullanılan sensöre bağlı olarak algılanan farklılıklar da değişmektedir. Elle ayıklama yerine kullanılan bir yöntem olup, insan faktörünü ortadan kaldırması, çok geniş bir tane aralığında kullanılması, besleme malzemesinin yaş ya da kuru olmasından etkilenmemesi, ilk aşamada yaş bir yöntem uygulanmıyorsa suyundan ayrılması gereken ürün üretmemesi, şlam oluşturan atık çıkmasına neden olmaması, besleme boyuna bağlı olarak tekbirim çok yüksek kapasitelere ulaşabilmesi, farklı algılama sistemlerinin (sensor) kullanılmasına uygun olması kullanım alanının buna bağlı olarak genişleyebilmesi, gözle görülebilir farklılıkların dışındaki farklara bağlı olarak ayırma yapabilmesi, uygulamaya ve işlenecek cevhere bağlı olarak çok yüksek ayırma performansına sahip olması ve birden çok farklı sensor kullanılarak aynı anda farklı özelliklere göre ayırma yapabilmesi sensor temelli ayırmanın avantajlarından [10].

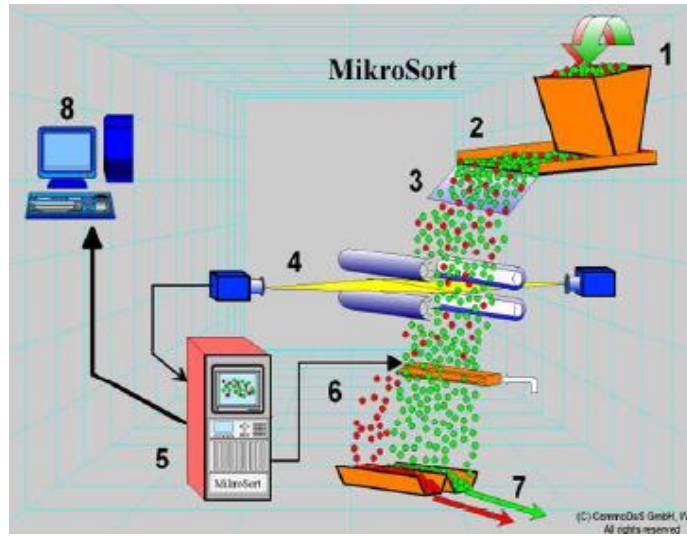
Söz konusu ayırma teknolojisinde iki farklı optik ayırma yönteminden faydalanılabilmektedir. Bunlar;

1) CCD (Renkli) Kamera: Bu yöntem tamamen minerallerin renk ve şeffaf veya opak oluşuna bağlı olarak bir ayırma imkânı veren ve CCD kamera kullanılarak yapılan optik ayırma yöntemidir. Cevher ait renksel özellikler önceden cihaza tanımlanır. Bir bant üzerinden geçen belli tane boyut aralığındaki cevher, bir kamera ile izlenir ve sistemin hafızasında tanımlı bilgiler dâhilinde bant üzerinden düşerken ürün ve artık olarak hava basınç valfları vasıtası ile ayrılır.

2) NIR (Near Infrared): Bu yöntem ise, cevher tanelerinin üzerine NIR (Near Infrared) ışık gönderilerek bu ışığı yansıtma ve adsorbe etme özelliklerine bağlı olarak yapılan bir ayırma yöntemidir. NIR kullanılarak uygulanan optik ayırma sistemlerinde cevher bir bant üzerinden geçerken üzerine infared ışık gönderilerek, tanelerin bu ışığı yansıtma veya adsorbe etme miktarları ölçülmekte ve sonuçlara bağlı olarak bant üzerinden tanecekler düşerken hava valfları vasıtası ile ürün ve artık olarak iki kısma ayrılmaktadır. Her iki sisteminde ayırma prensibi birbirinin aynısı olmakla birlikte cevher tanıma sistemleri farklılık arz etmektedir. Her iki sistemde de besleme yapılacak cevherin yüzeyleri mümkün olduğunca temiz olmalıdır [11]. Günümüzde madencilik sektöründe optik ayırıcıların kullanıldığı uygulamaların bir listesi Şekil 2’de, optik ayırmanın çalışma prensibi ise Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 2. Madencilik sektöründe optik ayırıcıların kullanıldığı bazı alanlar [12]



Şekil 3. Optik ayırmanın genel görünümü [12]. 1.Besleme malı; 2. Vibratör besleyici; 3. Serbest düşme; 4. Kamera; 5. Data işleme; 6. Basınçlı hava valfları; 7. Konsantre ve artık; 8. Merkez kontrol sistemi

3. KALSİT MADENCİLİĞİNİN GELECEĞİNDE OPTİK AYIRICILARIN ÖNEMİ

Türkiye'nin maden potansiyeli genel olarak; "çeşitlilik açısından zengin, ancak birkaç örnek dışında dünya ölçeğinde rezervleri sınırlı" olarak tanımlanmaktadır. Rezervler yönünden diğer bir sorun ise cevher kaliteleri ile ilgilidir. Gerçekten, Türkiye'de hemen her türden maden varlığına rastlanmaktadır. MTA tarafından yapılan bir araştırmaya göre günümüzde dünyada ticareti yapılan 90 çeşit madenden bugüne kadar sadece 13'ünün ülkemizde varlığı saptanamamıştır. Ülkemiz, geri kalan 50 çeşit maden açısından zengin ya da çok zengin, 27 çeşit maden bakımından ise yetersiz kaynaklara sahiptir. Ancak, var olan maden yataklarının birçoğunda, en azından bugün için, bilinen rezerv miktarları veya cevher kaliteleri ekonomik işletmecilik için yeterli veya uygun değildir. Özellikle, enerji hammaddeleri açısından Türkiye'nin zengin olduğunu söyleyebilmek zordur. Buna karşılık başta bor, trona, mermer, feldspat, manyezit, alçıtaşı, pomza, perlit, stronsiyum ve kalsit olmak üzere Türkiye dünyanın sayılı zengin ülkelerinden birisi konumundadır [13]. Günümüzde dünya maden üretiminin yaklaşık %70'i açık işletmecilik yöntemleriyle yapılmaktadır. Metalik cevherlerin yarısı, kömürün 1/3'ü ve metal dışı yapı malzemelerinin tamamı açık ocak işletmeciliği ile üretilmektedir[14]. Türkiye'de yapılan kalsit madenciliğinin de hepsi açık ocaklarda gerçekleştirilmektedir. Bilindiği üzere yer kabuğundan kazanılan bütün cevherlerde yıllar geçtikçe azalma ile birlikte kalite parametrelerinde de düşmeler doğal olarak kendisini göstermektedir. Ülkemiz kalsit cevherleri için öne çıkan $CaCO_3$ yüzdesinin yüksek, silis ve demir safsızlıklarının

çok düşük olması gibi pozitif özellikler, her geçen gün hammadde ihtiyacına paralel olarak artan tüvanan cevher üretimi ile birlikte azalma eğilimine girmiştir. Bu durum karşısında işletmeler ocaklarında mümkün olduğunca selektif üretim yapma yolunu tercih etmektedirler. Yani ocağın beyaz kısmı alınmakta kirli cevher (Şekil 4) ise ocakta bırakılmaktadır. Kalsit açık ocak madenciliğinde yıllarca selektif üretim yapılması neticesinde ocaklarda üretilmeden bırakılan ve/veya işletmeye alınmayan milyonlarca ton cevher oluşumu söz konusudur. Gerek kalsit ocaklarının daha ekonomik ve rantabl çalışabilmesi için gerekse rezervlerin daha efektif kullanımı açısından ocaklarda bırakılan bu cevherlerinde üretilerek ekonomiye kazandırılması gerekmektedir.



Şekil 4. Yüzeyi kirli tüvanan kalsit cevheri

Granül ve mikronize kalsit ürünlerinde iki temel özellik aranmaktadır; bunlardan birincisi boyut dağılımının istenilen aralıkta olması ikincisi ise yüksek beyazlık derecesidir. Bunlardan tane irilik dağılım özelliği kırma-öğütme-sınıflandırma işlemleri ile ilgili teknik bir durum olup, beyazlık derecesi ise doğrudan tüvanan cevher kalitesi ile ilgilidir. Kalsit ocaklarında üretilen cevherin kalitesine bağlı olarak işletmelerde cevher belli bir boyuta kırıldıktan (5-20 cm) sonra (Şekil 5) elle triyaj ile cevherin beyazlık derecesi yani kalitesi iyileştirilmektedir. Ancak ülkemiz kalsit işletmelerinin çoğunluğunda elle triyaj işleminin teknik şartlarının yerine getirilmemesi/getirilememesi nedeniyle gerek granül gerekse mikronize kalsit üretim tesislerine dengeli besleme mali verilememektedir. Bu nedenle de kalsit ürünlerinin beyazlık derecelerinde sürekli değişiklikler kendisini gösterebilmektedir. Bu durum ise başta pazarlama olmak üzere birçok sorunu beraberinde getirmektedir.

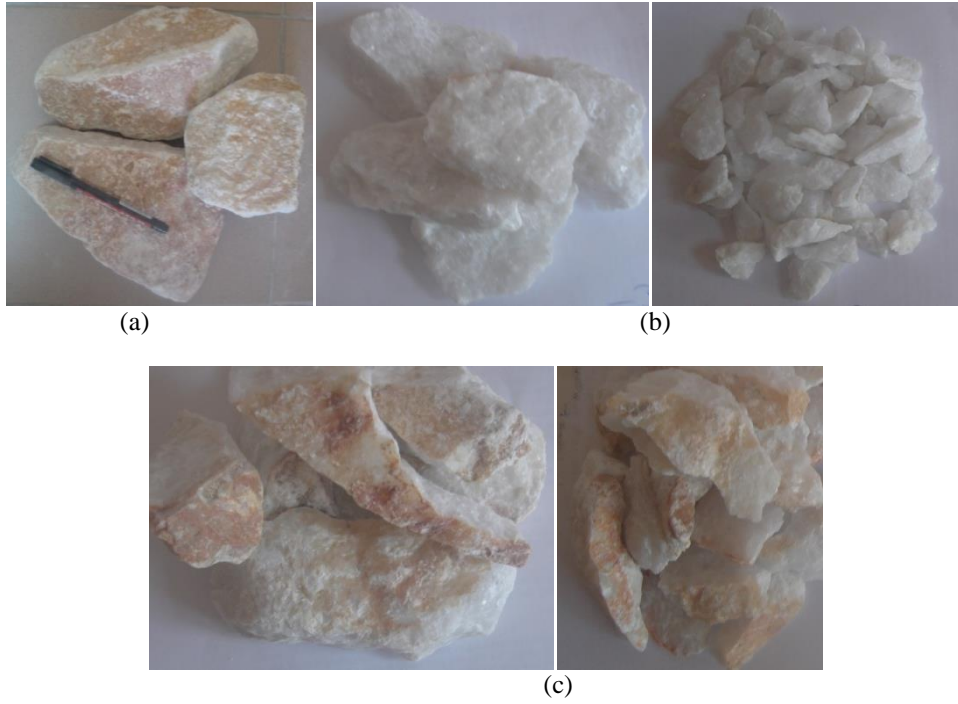


Şekil 5. Triyaj tabii tutulmak üzere kırılmış kalsit cevheri

Madencilik faaliyetleri sonucu oluşabilen çevre sorunları genel olarak iki gruba ayrılabilir; bunlardan birincisi doğrudan oluşan sorunlar olup madencilik faaliyetinin yapıldığı alanda, binaların inşa edilmesi, pasa yığınları ve çukurların oluşması sonucu meydana gelen sorunlar olarak ifade edilebilmektedir. İkincisi ise; dolaylı oluşan sorunlar olup madencilik faaliyeti sonucu oluşabilecek her türlü katı, sıvı atıkların ve gaz emisyonlarının oluşturduğu çevre sorunlarıdır. Bu sınıflandırmanın dışında, madenciliğin üretim aşamaları olan açık ve kapalı işletme, cevher hazırlama ve zenginleştirme faaliyetleri sonrasında oluşan çevre sorunları söz konusudur [15].

Kalsit madenciliğinde açığa çıkan tek artık malzeme ise triyaj çalışması sonrası meydana gelen kirli parçalarından oluşan cevher depolarıdır. Bu durum çevre problemlerinden ziyade hammadde kaybı açısından önem arz etmektedir.

Kalitesiz kalsit cevherleri için önemli bir örnek olan yüzeyi kirli cevherlerin elle triyaj boyutundan (Şekil 6a) daha ince boyutlara kırılması neticesinde ortaya çıkan farklı boyutlardaki yeni yüzeyli cevher parçalarının özelliklerinin ortaya konulması amacı ile laboratuvarında bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Söz konusu çalışmada; cevher ince boyutlara (-50mm) kırıldıktan sonra elek analizi gerçekleştirilmiştir. Her bir fraksiyon elle Temiz ve Kirli cevher olarak ayrılmıştır. Bu çalışmaya ait iki fraksiyonun (-37,5+31,5 ve -13,5+9,0 mm)temiz ve kirli ürünleri Şekil 6b ve 6c'de verilmiştir. Bu basit laboratuvar çalışması; daha ince boyutlarda triyaj gerçekleştirilmesi durumunda kalsit cevherlerinden daha fazla konsantr ve daha az artık elde edilebileceği yönünde ip uçları vermektedir.



Şekil 6. Yüzeyi kirli kalsit cevheri (a) ve kırıldıktan sonra açığa çıkan farklı boyutlarda temiz (b) ve kirli kalsit parçaları (c)

Şekil 7'de görüldüğü üzere optik ayırma teknolojisi çok farklı boyutlarda ayırma imkânı vermektedir. Bu bağlamda, elle triyajın mümkün olmadığı ince boyutlara kırılmış sorunlu kalsit cevherlerinin söz konusu ayırıcılarda zenginleştirilmesinin üretilmeden ocaklarda bırakılan cevherlerin ekonomiye kazandırılması, granül ve mikronize öğütme tesisleri için daha dengeli özelliklerde besleme malı verilmesi ve şimdiye kadar elle triyaj neticesinde oluşmuş artık sahalarının değerlendirilmesi gibi yukarıda bahsedilen problemlerin çözümünde ve/veya minimize edilmesinde önemli rol oynayacağı ön görülmektedir.



Şekil 7. Farklı boyutlarda kullanılan optik ayırma teknolojisine ait iki uygulama [16]

4. SONUÇLAR

Dünya’da her geçen gün hammadde ihtiyacı artarken ürünlerden istenilen özelliklerde değişmekte ve daha kaliteli çıktılar talep edilmektedir. Bu durum kalsit sektörü içinde geçerli olup, granül ve mikronize kalsit talebinde son yıllarda kayda değer artışlar söz konusudur. Bunu karşılamak için de doğal olarak yüksek miktarlarda tüvenan cevher üretimi yapılmaktadır. Bu üretim neticesinde, kalsit rezerv kalitelerinde düşmeler kendini göstermeye başlamış ve kalsit işletmeleri birçok ocakta selektif üretime yönelmiştir. Üretilen kalsit cevherleri ise çoğunlukla belli bir boyuta kırıldıktan sonra elle triyaja tabi tutulmaktadır. Ancak bu ayırma yönteminin veriminin birçok çalışma parametresine bağlı olası nedeni ile düşük olması, granül ve mikronize kalsit tesisleri için üniform besleme malı temini noktasında sıkıntılara neden olurken yüksek tonajlarda artık sahaları meydana getirmektedir. Söz konusu sorunların minimize edilmesi amacıyla; günümüzde etkin teknolojilerinden olan Optik Ayırıcıların kalsit sektörüne en kısa zamanda girmesi kalsit ürün kalitelerinin artırılması ve rezervlerimizin daha efektif kullanılabilmesi için kaçınılmaz olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] ŞAHİN, N., Türkiye Kalsit Olanakları ve Kalsitin Endüstriyel Hammadde Olarak Hazırlanması’, Bitirme Çalışması, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 1978.
- [2] DPT, Sekizinci beş yıllık kalkınma planı, madencilik raporu endüstriyel hammaddeler alt komisyonu genel endüstri mineralleri 1, (Asbest-Grafit-Kalsit-Fluorit-Titanyum Çalışma Grubu Raporu) 2618- ÖİK: 629, Ankara, 2001.
- [3] YEŞİL, Y., Melanj elyaf karışımlarında renk değerlerinin yeni bir algoritma geliştirilerek tahmin edilmesi, Doktora Tezi Çukurova Üniversitesi, 2010.
- [4] OLIVER, J. R., BLAKENEY, A.B., ALLEN, H. M., “Measurement of Flour Color in Color Space Parameters”, Cereal Chem, 69, 546-551, 1992.
- [5] MCGUIRE, R. G., “Reporting of Objective Color Measurements”, HortScience, 27, 1254-1255, 1992.
- [6]ACAR, K., Flüoresans Renkler İçeren Boyama Reçetesi Tahmin Algoritmalarında Başarımın Artırılmasına Yönelik Yeni Bir Yöntem, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul,2009.
- [7] TORAMAN Ö.Y., “Fonksiyonel Dolgu Olarak Mikronize Kalsitin Ürün Kalitesi ve Standartları”, 8. Uluslararası Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 29-30 Kasım 2012 İstanbul
- [8] ÖNAL G.,ATEŞOK G., Cevher Hazırlama El Kitabı, Haziran, İstanbul 1994.
- [9] ÖNAL G, Flotasyon Dışındaki Zenginleştirme Yöntemleri; İTÜ, 1978.
- [10] GÜLCAN E.,GÜLSOY Ö.Y., Sensör Temelli Ayırma Sistemleri - Optik Ayırma,Madencilik-Türkiye, s.84-92, 2013.
- [11] ALBAYRAK S., METİN F.C., KAMA Y., ÜNALDI O.,BARIŞ M.,“3-25 mm Kolamanit Ara Ürünlerinin Optik Ayırma Yöntemi ile Zenginleştirilmesi”, IV. Uluslar arası Bor sempozyumu15-17 Ekim,Eskişehir-TÜRKİYE, 2009.
- [12] BERGMANN C., “Developments in Ore Sorting Technologies”, Councilfor Mineral Technology, 75 Mintek, 2009.
- [13] DPT, Dokuzuncu Kalkınma Planı, T.C. Başbakanlık, Devlet Planlama Teşkilatı, ISBN 978-975 – 19 – 4168-8, Ankara, 2007.
- [14]ESKİKAYA Ş.,KARPUZ C.,HİNDİSTAN M.A.,TAMZOK N., Maden Mühendisliği Açık Ocak İşletmeciliği El Kitabı, Yayın No:104, Ankara, 2005.
- [15] CEYLAN H.,ÖZKAHRAMAN H.T.,“Madencilik Faaliyetlerinde Çevresel Planlama ve Uygulanabilecek Doğaya Yeniden Kazandırma Alternatifleri”, Türkiye 12. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 23-26 May, Zonguldak-Kdz Ereğli, Türkiye, 2000.
- [16] OPTOSORT Tanıtım Kataloğu, mbH · Rheinallee 19 · D-53173 Bonn, Germany.