

MERMER İŞLEME TESİSLERİ ATIKSULARININ HİDROSİKLONLARLA ARITILMASI VE FLOKÜLANT İLAVESİNİN AYIRMAYA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

İsmail Sedat BÜYÜKSAGİŞ¹, Ömer Faruk EMRULLAHOĞLU²

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon MYO Mermer Tek. Prog.,
Afyon

²Afyon Kocatepe Üniversitesi, Müh. Fak. Seramik Müh. Böl., Afyon

ÖZET

Bu çalışmada mermer işleme tesisleri atıksularının hidrosiklonlarla arıtılması ve arıtma öncesi sisteme flokülant ilavesinin ayırmaya etkisi araştırılmıştır. Atıksular önce hiç flokülant ilave etmeden, daha sonra ayırma öncesi flokülant ilave edilerek hidrosiklonlarla ayırmaya tabi tutulmuştur. Flokülant katkılı atıksuların hidrosiklonda ayrılması sonucu alınan alt akımda ortalama tane boyutunun % 32 arttığı gözlenmiştir. Bu çalışmalar sonucunda hidrosiklonların mermer işleme tesisi atıksularının arıtımında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Hidrosiklon ortamında flokülasyon mekanizmasının nasıl geliştiği bu çalışmada açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mermer Atıksuyu, Hidrosiklon, Flokülasyon, Ayırma

PURIFICATION OF MARBLE PROCESSING PLANTS' WASTE WATERS BY HYDROCYCLONES AND THE STUDY OF EFFECTIVENESS OF FLOCCULANT ADDITION IN TO SEPARATION PROCESS

ABSTRACT

In this study, the purification of marble processing plants' waste waters by hydrocyclones and the effectiveness of flocculant addition in separation process was searched. First, the waste water was treated

without adding any flocculant and later, it was treated by hydrocyclons whit the addition of flocculant before the separation process. It was observed that the mean particle size (32 %) increased at the down flow which was obtained by separation of flocculant added was waste waters in hydrocyclons. As a result, it was found out that hydrocyclones can be used in purification of marble processing plants' waste waters. How the flocculation mechanism is developed under hydrocyclone conditions is also explained in this study.

Keywords: Marble Wastewater, Hydrocyclone, Flocculation, Separation

1. GİRİŞ

Tüm dünyada artan çevre bilincine ve sınırlı doğal kaynakların daha etkin kullanımına paralel olarak mermer işleme tesislerinde de çevreye verilen zarar en aza indirilmeye çalışılmaktadır. Mermer işleme tesisleri üretim kapasitelerine bağlı olarak oldukça fazla miktarda (100 – 500 m³/h) su tüketimine sahiptirler. Tesislerde tüketilen su, mermerlerin kesilmesinde ve cilalanmasında makine ekipmanlarının sürtünmesinden dolayı oluşan ısının ve kesim sonucu ortaya çıkan mermer partiküllerinin kesme ortamından uzaklaştırılmasında kullanılmaktadır.

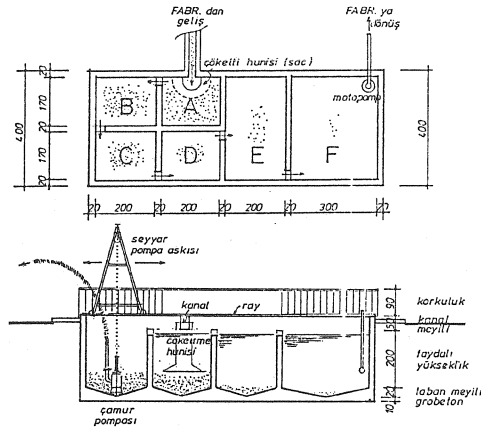
Bu çalışmada öncelikle mermer işleme tesislerinin yoğun olarak kullandıkları sirkülasyon suyuna karışan mermer partiküllerinin tane boyut dağılımları saptanmıştır. Ayrıca, atıksuyun mermer partiküllerinden ayrılmasında kullanılan değişik yöntemlere [1,2] alternatif olacak bir sistem önerisi getirilmiştir.

1.1. Mermer Atıksuyunun Tanımlanması ve Arıtma Yöntemleri

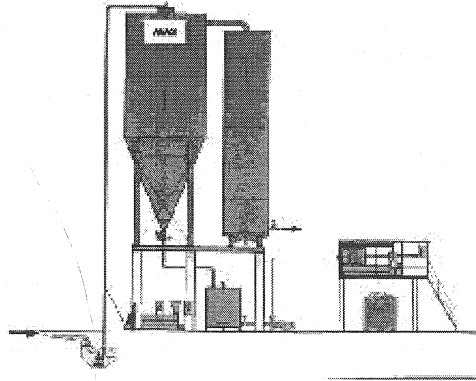
Dünya doğaltaş sektöründe halen yaygın olarak çok gözlü ardışık havuz sistemi (Şekil.1) [1] ve sedimentasyon tankları (tikner) yöntemi (Şekil.2) [7] kullanılmaktadır. Çok gözlü ardışık havuz sisteminin yapısı ve çalışma yöntemi oldukça basit, yatırım ve işletme maliyetleri oldukça düşüktür. Ancak, bu sistemden elde edilen su kullanımda istenen berraklıkta olmamaktadır. Özellikle cila üniteleri bulunan tesislerde cila kalitesinin yüksek olması istendiğinde, bu yöntem yeterli başarıya ulaşmamaktadır. Bundan dolayı, daha berrak su elde etmek için sedimentasyon tankları yöntemi tercih edilmeye başlanmıştır. Entegre tesislerin bir çoğu

sedimentasyon tanklarını tercih etmektedir. Buna karşılık, yatırım, enerji ve işletme giderlerinin yüksek olması, kesilen mermerlerin cinsine, kullanılan flokülant cinsine ve miktarına, ortam sıcaklığına ve pH'ına bağlı olarak sistemin etkilenmesi sonucu, arıtma veriminin düşmesi ise dezavantajları olarak gösterilebilir [1,3].

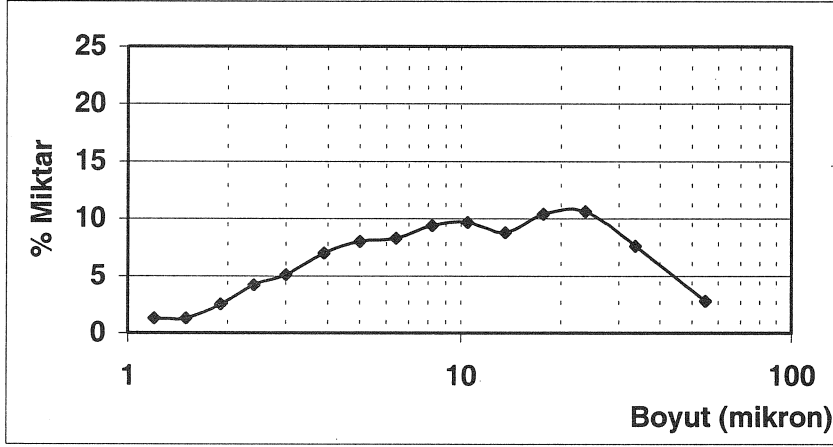
Mermer işleme tesislerinde tüketilen su kesim sonrası oluşan ince boyutlu kırıntıların ve sürtünmeyle oluşan ısıнын kesme ortamından uzaklaştırılmasında kullanılmaktadır. Mermer işleme tesislerinde oluşan taneciklerin boyutları incelendiğinde büyük bir kısmının 100 μm 'dan küçük ve % 60'ının 13,6 μm altında olduğu anlaşılmıştır (Şekil 3) [1].



Şekil 1. Ardışık havuz sistemi



Şekil 2. Sedimentasyon tankları sistemi



Şekil 3. Mermer İşleme Tesisi Atık Suyundaki Katıların Tane Boyut Dağılım Grafığı [1]

Mermer işleme tesislerinde kullanılan su için berraklığın en çok istendiği nokta silim ünitelerinin cila kısımlarıdır. Zira burada cilalı yüzey üzerine gelecek aşındırıcı ve iri bir tanecik yüzeyi çizerek o ana kadar yapılmış tüm işlemleri değersiz kılacaktır. Ancak, silim ünitesinin son kafasına takılan abrasiv genelde 800 grid olup yaklaşık aşındırıcı tane boyutu 18 μm kadardır. Bu irilikteki bir aşındırıcı taneciğin yaklaşık 1/3' ü matriks dışında kalmakta ve böylece en fazla matriks yüzeyinde kalan kısım (çıkıntı) kadar mermer yüzeyine batarak maksimum 5 – 8 μm kadar taneciği mermer yüzeyinden koparabilmektedir. Dolayısıyla bu son abrasiv kafasının oluşturduğu tanecikler her ne kadar mermer yüzeyinden abrasivin formu nedeniyle dışa savrulsa da, bandın ilerlemesi nedeniyle bir sonraki cila kafasına kadar gelebilmektedir. Bu nedenle halen işletmelerin bir çoğunda cila kafalarının altında bu durum görülmektedir [3]. Daha mükemmel cila kalitesi isteyen işletmeler cila kafalarına tamamen temiz su besleseler de, genellikle cila taşları sürtünme sonucu oluşan kimyasal reaksiyon nedeniyle bu noktaya fazla su beslenmez.

Dolayısıyla cila kafasının altına gelebilecek 5 μm altındaki görece aşındırıcı olmayan taneciklerin varlığı kabul edilebilir bir durumdur. Zira bu boyuttaki aşındırıcı olmayan tanecikler yüzeyde çizici bir etki yapamayacağı gibi, oluşturabileceği çizikler de gözle algılanamayacak veya kabul edilebilir sınırlar dahilinde olacaktır. Ancak, pratikte son abrasiv kafa ile cila kafası arasına bir ayırıcı (separatör) konulması ve temiz su beslenmesi tavsiye edilir. Buradan da anlaşılacağı gibi tüm mermer işleme tesisine ve

özellikle silim ünitelerine beslenecek olan su içerisinde bulunabilecek katı tane boyutu 5 – 8 μm 'u geçmemelidir. Bu değerlerden daha küçük tanecikler ise kabul edilebilir berraklığı vermektedir [3].

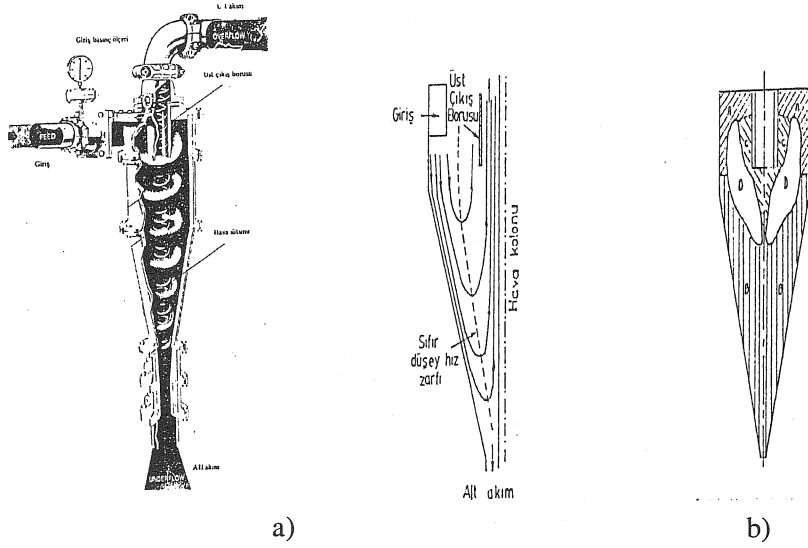
Mermer İşleme Tesisi atık sularının katı sıvı ayrımında halen sedimantasyon yöntemi uygulanmakta ve işlemin hızlandırılması amacıyla flokülantlar kullanılmaktadır. Eğer CaCO_3 kökenli kayalar kesiliyorsa anyonik flokülantlar, SiO_2 kökenli kayalar kesiliyorsa katyonik flokülantlar uygundur [1].

Bahsedilen bu sistemlere alternatif olarak hidrosiklon üniteleri düşünülmüş olup, diğer sistemlerle ekonomik ve teknik parametreler açısından karşılaştırıldığında yüksek su tüketimleri olan (Su tüketimi \cong 1,5 milyon $\text{m}^3/\text{yıl}$) entegre tesisler için daha iyi sonuç alınacağı görülmektedir [5]. Özellikle orta sertlikte ve yumuşak karakterli mermer kesen tesisler için bu yöntemin uygun olacağı anlaşılmıştır [3].

2. HİDROSİKLONLAR

2.1 Hidrosiklonların Tanıtımı

Hidrosiklonlar sürekli çalışan ve tanelerin çökme hızını arttıran santrifüj kuvvetlerinin de kullanıldığı bir klasifikasyon cihazıdır. Kapalı devre öğütme sistemlerinde şlam uzaklaştırma ve koyulaştırma gibi yaygın kullanımları vardır. Yüksek basınç altında hidrosiklon girişine beslenen atık suyun içerisindeki tanecikler merkezkaç kuvvetinin etkisiyle dışa doğru savrulmakta, iri ve ağır olan tanecikler alt akıma kapılarak dışarı çıkarken hidrosiklonun orta kısmında bir girdap (vortex) oluşmaktadır. Oluşan bu girdap ise görece daha ince ve hafif taneler kapılarak üst akım ile alınmaktadır. Böylece üst kısımda temiz sayılabilecek bir su elde edilmektedir [5].



Şekil 4. (a) Hidrosiklon şekli ve (b) iç kesitinde gelişen akım dağılımları.

Tablo1. Hidrosiklon Alt Akım ve Üst Akım Boyut Dağılımı

BOYUT ARALIĞI (μm)	Hidrosiklon Alt Akım		Hidrosiklon Üst Akım	
	% MİKTAR	KÜMÜLATİF ELEK ALTI (%)	% MİKTAR	KÜMÜLATİF ELEK ALTI (%)
+ 118,4	---	100,0	---	100,0
- 118,4 +54,9	0,8	99,2	1,1	98,9
-54,9 +33,7	9,8	89,4	3,1	95,8
-33,7 +23,7	12,6	76,8	6,3	89,5
-23,7 +17,7	18,8	58,0	10,5	79,0
-17,7 +13,6	12,1	45,9	7,8	71,2
-13,6 +10,5	9,0	36,9	10,9	60,4
-10,5 +8,2	10,4	26,6	13,0	47,3
-8,2 +6,4	6,6	20,0	11,1	36,2
-6,4 +5,0	5,5	14,5	10,8	25,4
-5,0 +3,9	4,9	9,3	8,5	16,9
-3,9 +3,0	3,1	6,5	5,2	11,7
-3,0 +2,4	2,8	3,6	5,2	6,6
-2,4 +1,9	1,2	2,5	2,6	4,0
-1,9 +1,5	0,5	2,0	0,9	3,0
-1,5 +1,2	0,6	1,4	0,7	2,3

2.2. Mermer Atıksularının Hidrosiklonla Katı-Sıvı Ayırımı ve Flokülant Etkisi

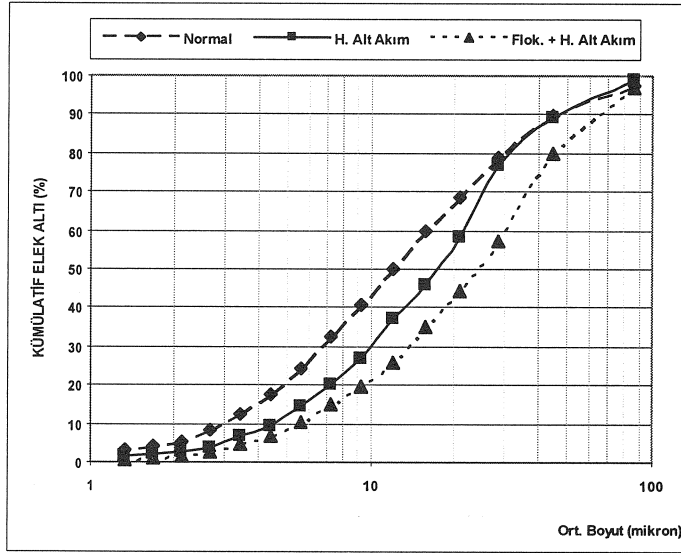
Hidrosiklonların mermer işleme tesislerin atıksularının katı-sıvı ayırımında kullanımına ilişkin herhangi bir çalışma mevcut olmayıp, teorik olarak kullanımı mümkün görülmektedir. Hidrosiklonlarla katı-sıvı ayırımı mekanik bir işlemdir. Ancak, bu mekanik işleme yardımcı olmak amacıyla flokülasyon yönteminin de kullanılmasıyla ayırım veriminin artması öngörülmektedir. Bunun saptanabilmesi amacıyla mermer işleme tesisinden alınan atıksu (% 1 katı içerikli) 2 inç'lik (≈ 5 cm) bir hidrosiklon ünitesine 24 lt/dk'lık bir kapasiteyle beslenerek, önce hidrosiklon alt ve üst akımlarından örnekler alınmış ayırım sınırları ve tane boyut dağılımları lazer difraksiyonuyla çalışan tanecik boyut analiz cihazı (particle sizer analyzer) yardımıyla saptanmıştır (Tablo 1).

Daha sonra ise hidrosiklon pompasının çıkışından biraz ilerisine mermer cinsine uygun olan % 0,1'lik oranda 10 ml anyonik flokülant (SNF- AN945) ilave edilmiş ve tekrar hidrosiklonun alt ve üst akımlarından örnekler alınarak tane boyut dağılımları saptanmıştır (Tablo 2 ve Şekil 5-6).

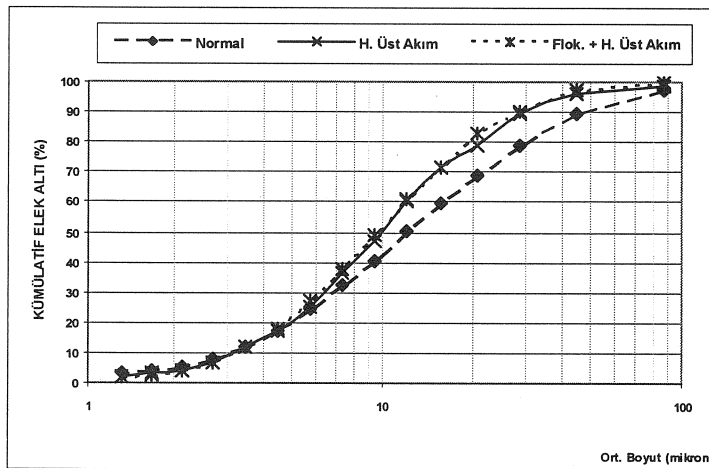
Tablo 2 Flokülanlı Hidrosiklon Alt Akım ve Üst Akım Boyut Dağılımı

BOYUT ARALIĞI (μm)	Hidrosiklon Alt Akım		Hidrosiklon Üst Akım	
	% MİKTAR	KÜMÜLATİF ELEK ALTI (%)	% MİKTAR	KÜMÜLATİF ELEK ALTI (%)
+ 118,4	---	100,0	---	100,0
- 118,4 +54,9	3,2	96,8	0,0	100,0
-54,9 +33,7	17,0	79,9	2,7	97,3
-33,7 +23,7	22,8	57,1	7,0	90,2
-23,7 +17,7	12,9	44,2	7,8	82,5
-17,7 +13,6	9,3	34,9	11,0	71,5
-13,6 +10,5	8,8	26,0	10,8	60,7
-10,5 +8,2	6,3	19,7	11,8	48,9
-8,2 +6,4	4,8	14,9	11,3	37,6
-6,4 +5,0	4,6	10,4	10,6	27,0
-5,0 +3,9	3,6	6,8	8,7	18,2
-3,9 +3,0	2,4	4,4	6,2	12,0
-3,0 +2,4	1,8	2,6	5,2	6,9
-2,4 +1,9	1,0	1,6	2,8	4,1
-1,9 +1,5	0,5	1,1	1,2	2,9
-1,5 +1,2	0,4	0,7	0,7	2,1

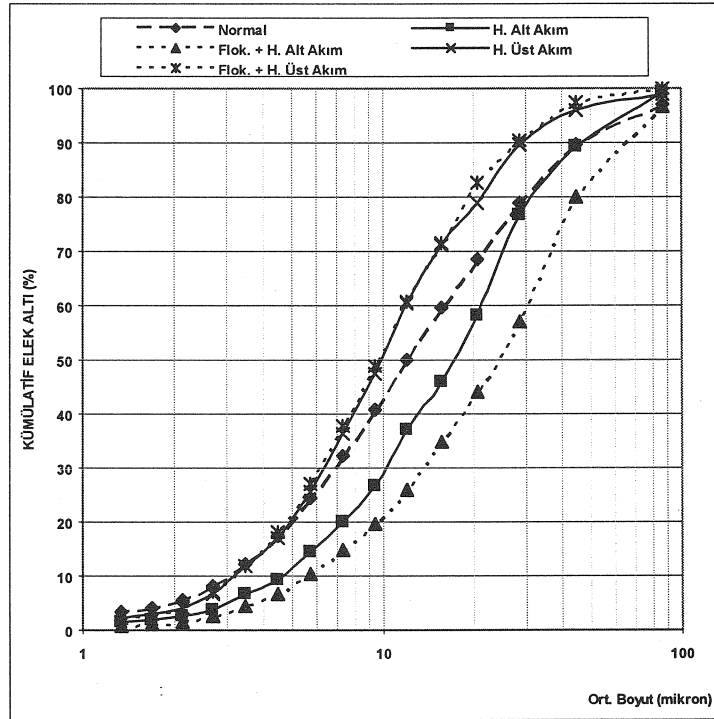
Hidrosiklonlarla katı-sıvı ayrımı mekanizmasında flokülantın etkisinin saptanması amacıyla yapılan bu çalışmadan elde edilen boyut dağılım sonuçları karşılaştırıldığında (Şekil.5-6); hidrosiklona flokülant ilave etmeden önceki ve sonraki üst akımlar arasında fazla bir değişim olmadığı gözlenirken, alt akımlarda ise bariz bir şekilde flokülantlı alt akımdan geçen tane miktar ve boyutlarında artış olduğu görülmektedir. Tablo 1 ve 2'deki bilgiler ışığında elde edilen ortalama boyut dağılımları Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 5. Flokülant İlave Etmeden ve İlaveden Sonraki Hidrosiklon Alt Akım Grafiği



Şekil 6. Flokülant İlave Etmeden ve İlaveden Sonraki Hidrosiklon Üst Akım Grafiği



Şekil 7. Mermer atık su normal, hidrosiklon alt ve üst akım, hidrosiklon+flokülant alt ve üst akım ortalama boyut dağılım grafiği

Tablo 3 Kümülatif Elek Altı Ortalama Boyut Dağılımı

	% 90'ı (μm)	% 50'si (μm)	% 10'u (μm)
Normal Atıksu	45	14	3
Hidrosiklon Alt	45	17	4,5
Hidrosiklon Üst	18	9,7	3,2
Hidro+Flok. Alt	54	25	5,7
Hidro+Flok. Üst	17	9,5	3,2

Şekil 7'den türetilen Tablo 3 incelendiğinde ise mermer işleme tesisi atık suyundaki partiküllerin % 90'ı 45 μm 'un altında iken hidrosiklon ile ayırma işlemi sonucunda alt akımda aynı kalırken, üst akımda 18 μm 'un altına indiği görülmüştür. Hidrosiklon sistemine flokülant ilave edilmesiyle üst akımda 17 μm 'un altına inerken, alt akımda 54 μm boyutuna kadar arttığı gözlenmiştir.

Tablo 3 irdelenecek olursa; mermer işleme tesisi atıksularının %50 (d_{50}) ayırımı için hidrosiklon üst akımları normal atıksuya oranla incelendiğinde ise flokülantsız % 30,71 oranında, flokülantlı % 32,14 oranında verim elde edildiği görülmektedir. Diğer taraftan normal atıksuya oranla hidrosiklon sistemiyle alt akımda ortalama % 17,65 oranında, flokülant ilavesiyle alt akımda % 44 oranında bir verimle ayırımın gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Bu verilerden hareketle hidrosiklonlarla mermer işleme tesisi atık sularının artırılmasının mümkün olduğu söylenebilir. Ancak, hidrosiklona flokülant ilavesi suyun artırılmasına fazla katkıda bulunmamaktadır.

Buradan hidrosiklonlarda flokülasyon mekanizmasının çalışma prensibi şöyle anlaşılmaktadır; flokülantın pompa çıkışına ilave edilmesiyle hidrosiklona gelinceye kadar floklar oluşmakta ve mermer tanecikleri flokülanta bağlanılarak bir araya toplanmakta, böylece irileşen tane grupları alt akıma kapılarak çıkmaktadırlar. Flokülant katkısıyla hidrosiklon alt akımının çökme hızının arttığı görülmektedir.

Hidrosiklon üst akımından geçen tane boyutunun daha da küçültülmesi ve ayırma veriminin artırılması için hidrosiklon kesitinin daraltılması (< 5 cm) ve basınç miktarının artırılması ile mümkün görülmektedir. Bu çalışmada mermer atıksularının hidrosiklonlarla ayırımın mümkün olduğu ve flokülantın çökme hızına etkisinin olumlu olacağı gösterilmiştir ancak, optimizasyon çalışması yapılmamıştır. Hidrosiklonun boyut, kapasitesi ile flokülant cins ve oranının da ileriki çalışmalarda yapılması mümkündür. Böylece endüstriyel çalışmalara uygun zemin hazırlanmış olacaktır.

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Mermer işleme tesisleri gibi suyun yoğun bir şekilde kullanıldığı ve temiz suyun öneminin fazla olduğu işletmelerde, atık suların kazanımı ve tekrar kullanımı zorunlu bir işlemdir. Halen bu amaçla endüstriyel boyutlarda çok gözlü ardışık havuz sistemi ve sedimentasyon tankları kullanılmaktadır. Bahsedilen bu yöntemlerin ya yatırım ve işletme maliyetleri fazladır veya yeterince arıtma sağlanamamaktadır. Dolayısıyla bu sistemlere alternatif olabilecek daha ucuza ve daha yüksek oranda arıtma sağlayacak bir sistemin tasarımı, maliyetleri düşürmesi açısından önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada mermer atıksuyunun geri kazanılabilmesi için hidrosiklonların kullanılabileceği görülmüş ve hidrosiklonun pompa çıkış noktasına ilave edilecek olan uygun özellikteki flokülantın hidrosiklon ayırma sınırını alt

akıma doğru arttırdığı saptanmıştır. Bu yolla atık su içerisindeki katıların büyük bir kısmı alt akımdan ayrılmakta ve dolayısıyla çökme hızı artmaktadır.

Bu çalışma pilot ölçekte denenmiş olup, endüstriyel boyutlarda da irdelenmesi gerekmektedir. Özellikle endüstriyel boyutlarda işletme koşullarına dikkat edilmeli ve sert karakterli kayaç kesen işletmelerin uygun flokülant seçimiyle birlikte, hidrosiklon iç yüzeylerini aşınmaya dayanıklı malzemeyle kaplatmaları gerekmektedir.

Maliyetler dikkate alındığında sedimentasyon tankları yöntemine oranla % 50 daha ucuz birim maliyet sağlayacağı anlaşılan [3] bu sisteme, mermer endüstrisine makine üreten sanayicilerin daha fazla önem vererek bu yönde çalışmalara başlamaları yerinde olacaktır.

4. KAYNAKLAR

1. Büyüksağış İ. S., Mermer İşleme Tesisleri Atık Sularının Arıtma Yöntemleri, Osmangazi Üniversitesi, FBE., Maden Müh. ABD., Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, (1994).
2. Bozkurt R., Büyüksağış İ. S., Mermer İşleme Tesislerinde Atık su Arıtımı, Mermer Dergisi, 39, İstanbul, (1994).
3. Büyüksağış İ. S., Mermer İşleme Tesisleri Atıksularının Arıtma Yöntemlerinin Ekonomikliklerinin İncelenmesi, Türkiye I. Mermer Sempozyumu, Afyon, (1995).
4. Demmak A.Ş. Makine Tanıtım Katalogları
5. Emrulloğlu Ö.F., Cevher Hazırlamada Koyulaştırma, Klasifikasyon, Kömür Hazırlama ve Çözümlü Problemler Anadolu Üniversitesi M.M.F. 28, Eskişehir, (1985).
6. Mozley Hidrosiklon Tanıtım Katalogları
7. Anonim, <http://www.inkatrade.com>, (2001).

