

**FARKLI TOPLAYICI TÜRLERİ VE KARIŞIMLARININ BİR
SÜLFÜRLÜ CEVHERİN FLOTASYON PERFORMANSINA
ETKİSİ**

**EFFECT OF DIFFERENT TYPES OF COLLECTORS AND
THEIR MIXTURES ON A SULPHIDE MINERAL FLOTATION
PERFORMANCE**

SELİN AŞIK

YRD. DOÇ. DR. ÖZLEM BIÇAK

TEZ DANIŞMANI

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak hazırlanmıştır.

2018

SELİN AŞIK'ın hazırladığı “**Farklı Toplayıcı Türleri Ve Karışımlarının Bir Sülfürlü Cevherin Flotasyon Performansına Etkisi**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç.Dr. N. Emre ALTUN

Başkan



Yrd. Doç. Dr. Özlem BIÇAK

Danışman



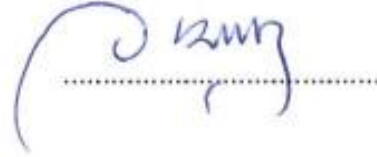
Doç.Dr. İlkay B. ÇELİK

Üye



Doç. Dr. Oktay ŞAHBAZ

Üye



Yrd. Doç. Dr. N. Metin CAN

Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

- Tezimin tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.

(Bu seçenekle teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etseniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirirse bile, tezinin arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir.)

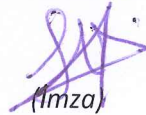
- Tezimin 17.01.2018 tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını (İç Kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum.

(Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı ve ya tamamının fotokopisi alınabilir)

- Tezimin tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum, ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.

- Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi

17 / 01 / 2018


(İmza)

Öğrencinin Adı Soyadı

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içerisindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.



12.01.2018

SELİN AŞIK

ÖZET

FARKLI TOPLAYICI TÜRLERİ VE KARIŞIMLARININ BİR SÜLFÜRLÜ CEVHERİN FLOTASYON PERFORMANSINA ETKİSİ

Selin AŞIK

Yüksek Lisans, Maden Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Özlem Bıçak

Ocak 2018

Bu tez çalışmasında toplayıcı türleri ve karışımlarının sülfürlü bakır cevheri flotasyonunun performansına etkisi incelenmiştir. Kastamonu ilinin Küre ilçesinden temin edilen cevher ile flotasyon testleri yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yapılan testler iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada toplayıcı türlerinin her biri ile ayrı ayrı testler yapılmıştır. En iyi sonuçların elde edildiği toplayıcılarla Design Expert programı kullanılarak karışım testleri tasarlanmış ve programın sunduğu deney tasarımına uygun olarak test çalışmaları tamamlanmıştır. Karışım deneyleri sonucunda elde edilen veriler Design Expert programı ile analiz edilerek optimum toplayıcı karışımı, dozajı ve karışım oranları belirlenmiştir. Buna göre ikinci aşamada, programın ürettiği sonuçlar doğrultusunda %100 SIPX ve 40:60 oranında A238-3477 karışımı, tesiste kullanılan X231:KAX (95:5) karışımı ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada yapılan açık devre temizlemeli flotasyon testleri ve kapalı devre simülasyonlar sonucu elde edilen bakır konsantresinin verim ve tenör değerleri baz alınmıştır.

Toplayıcı maliyetleri ve üretilen bakır konsantresinden elde edilecek kar göz önünde bulundurularak koşullar karşılaştırıldığında 40:60 oranında kullanılan Aero 238:3477 karışımının hem bakır flotasyon verimini hem de tenörünü arttırdığı ve tesiste üretilen konsantreden daha kaliteli bir konsantre üretmenin mümkün olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Sülfürlü Mineral Flotasyonu, Toplayıcı Karışımı, Verim, Tenör, Seçimlilik, Bakır.

ABSTRACT

EFFECT OF DIFFERENT TYPES OF COLLECTORS AND THEIR MIXTURES ON A SULPHIDE MINERAL FLOTATION PERFORMANCE

Selin AŞIK

Master Of Science, Department Of Mining Engineering

Supervisor: Assist.Prof. Özlem BIÇAK

January 2018

In this thesis, the effect of collector types and mixtures on the performance of sulphide copper ore flotation has been investigated. Flotation tests were done by using the ore obtained from Kastamonu Küre province and the results were compared. The tests were carried out in two stages. In the first stage, individual tests were performed with each collector type. Collector mixture tests designed by using the Design Expert program according to the best results obtained from individual collector tests and the tests were completed in accordance with the experimental design of the program. Data from collector mixture tests were analyzed by using Design Expert program to determine the optimum collector mixture, dosage and ratio. In the second stage, according to the results given by the program, 100% SIPX and 40:60 A238-3477 mixtures were compared with the X231: KAX (95: 5) collector mixture used in the plant.

Comparison were done based on the copper concentrate recovery and grade obtained from the open circuit cleaner flotation tests and the closed circuit simulations. When the results compared considering the collector costs and the profit to be achieved from the copper concentrate, it has been found that it is possible to produce a high quality concentrate with higher grade and recovery by using the Aero 238:3477 mixture at a ratio of 40:60.

Keywords: Sulphide Mineral Flotation, Collector Mixture, Recovery, Grade, Selectivity, Copper.

TEŐEKKÜR

Tez alıŐmaları boyunca bۆlümün tۆm imkanlarından yararlanmamı sağlayan Hacettepe Üniversitesi Maden Mۆhendisliđi Bۆlۆm BaŐkanlıđına,

Hacettepe Üniversitesi Bilimsel AraŐtırmalar Birimi'ne (Proje no FKG-2016-12562),

Bu çalıŐmanın tamamlanma sۆresi boyunca her ihtiyacım olduğunda değerli zamanını bana ayıran ve tۆm desteğini esirgemeyen danışmanım Yrd. Doç. Dr. Özlem Bıçak'a

Deney alıŐmaları boyunca yardımcı olan Buğra Berk Varlı'ya, Ahmet Yaşar YamantaŐ'a, Orberk Mert Mercan'a, analiz çalıŐmalarında yardımcı olan Uzman Yasemin ztۆrk'e, numunelerin alındığı tesis hakkında yardımlarından dolayı İlterıŐ Kağan Arslan'a,

Hayatımın her dۆneminde olduğu gibi bu sۆrete de yanımda olan, destek veren ve bana inanan aileme ve teyzem Őahika Yۆrek'e,

Çok teŐekkۆr ederim.

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Bakır, Mineralleri ve Özellikleri	3
2.2. Bakır Mineralleri Zenginleştirme Yöntemleri	5
2.2.1. Flotasyon	5
2.2.2. Liç Yöntemi	5
2.2.3. Solvent Ekstraksiyonu	5
2.3. Flotasyon Yöntemi	6
2.4. Flotasyon Reaktifleri	7
2.4.1. Düzenleyiciler	7
2.4.1.1. pH Düzenleyiciler	7
2.4.1.2. Bastırıcılar	8
2.4.1.3. Aktifleştiriciler	9
2.4.2. Köpürtücüler	9
2.4.3. Toplayıcılar	10
2.4.3.1. Oksidril Toplayıcılar	12
2.4.3.2. Sülfidril Toplayıcılar	13
2.4.3.2.1. Ksantatlar	13
2.4.3.2.2. Ditiyofosfatlar	14
2.4.3.2.3. Monotiyofosfatlar	14
2.4.3.2.4. Hidroksamatlar	15
2.4.3.2.5. Merkaptanlar	15
2.4.3.2.6. Tiyonokarbamatlar	15
2.4.3.2.7. Ditiyofosfinatlar	16
2.5. Toplayıcı Sinerjik Etkileşimleri	16
2.6. Toplayıcı Karışımları ile Yapılan Diğer Çalışmalar	18

3. MALZEME VE DENEYSEL YÖNTEM	20
3.1. Deneyleerde Kullanılan Ekipmanlar	20
3.2. Cevher Karakterizasyonu	20
3.2.1. Elek Analizi	20
3.2.2. Kimyasal Analiz	21
3.2.3. Yüzey Oksidasyonu	22
3.2.4. Cevherin Özgöl Ağırlığı.....	22
3.3. Flotasyon Test Koşulları	23
3.3.1. Farklı Toplayıcı Türleri İle Yapılan Çalışmalar	25
3.3.2. Toplayıcı Karışımları İle Yapılan Çalışmalar	26
4. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA.....	29
4.1. Farklı Toplayıcı Türleri ile Yapılan Test Sonuçları	29
4.2. Toplayıcı Karışımları ile Yapılan Test Sonuçları.....	37
4.3. Design Expert Programı ile Optimum Toplayıcı Karışım Dozajının Belirlenmesi	45
4.4. Optimum Koşullarda Yapılan Açık Devre Temizlemeli Flotasyon Testleri ve Kapalı Devre Simülasyonları	48
4.5. Ekonomik Anlamda Optimum Sonuçların Değerlendirilmesi	57
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	59
KAYNAKLAR.....	60
ÖZGEÇMİŞ	148

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Kalkopirit Minerali	4
Şekil 2.2. Köpürtücünün Hareketi	10
Şekil 2.3. Toplayıcıların Mineral Yüzeyine Tutunması	11
Şekil 2.4. Toplayıcıların Sınıflandırılması	11
Şekil 2.5. Ditiyofosfat ve monotiyofoşfat arasındaki bağlanma farkı	14
Şekil 2.6. Ditiyofosfat ve ditiyofosfinat arasındaki bağlanma farkı	16
Şekil 3.1. Öğütme İşlemi Sonucunda Elde edilen Boyut Dağılımı	21
Şekil 4.1. Su Verilerinin Karşılaştırılması	30
Şekil 4.2. Bakır Veriminin Karşılaştırılması	31
Şekil 4.3. Çinko Veriminin Karşılaştırılması	31
Şekil 4.4. Pirit Veriminin Karşılaştırılması	32
Şekil 4.5. Bakır Verim ve Tenörlerinin karşılaştırılması	33
Şekil 4.6. Bakır ve Çinko Verimlerinin Karşılaştırılması	34
Şekil 4.7. Bakır ve Pirit Verimlerinin Karşılaştırılması	34
Şekil 4.8. Su Verimlerinin Karşılaştırılması	38
Şekil 4.9. Bakır Verimlerinin Karşılaştırılması	39
Şekil 4.10. Pirit Verimlerinin Karşılaştırılması	40
Şekil 4.11. Bakır Verimi ile Pirit Verimlerinin Karşılaştırılması	41
Şekil 4.12. Bakır Verim ve Tenör Değerlerinin Karşılaştırılması	42
Şekil 4.13. X231:KAX karışımı (baz koşul) için ölçülen hesaplanan verilerin karşılaştırılması	49
Şekil 4.14. A238:3477 karışımı için ölçülen hesaplanan verilerin karşılaştırılması	49
Şekil 4.15. SIPX ile yapılan test için ölçülen hesaplanan verilerin karşılaştırılması	50
Şekil 4.16. X231:KAX karışımı için açık devre temizlemeli flotasyon akım şeması	51
Şekil 4.17. X231:KAX kapalı devre simülasyon sonucu	52
Şekil 4.18. A238:3477 karışımı için açık devre temizlemeli flotasyon akım şeması	53
Şekil 4.19. A238: 3477 karışımı için kapalı devre simülasyon sonucu	54
Şekil 4.20. SIPX için açık devre temizlemeli flotasyon akım şeması	55
Şekil 4.21. SIPX için kapalı devre simülasyon sonucu	56

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Başlıca Bakır Mineralleri	4
Çizelge 2.2. Toplayıcı Karışımlarının Sinerjik Etkileri Üzerine Yapılan Çalışmaların Özeti	17
Çizelge 3.1. Elde Edilen Fraksiyonların Kimyasal Analiz Sonuçları	21
Çizelge 3.2. Oksitlenme Yüzdeleri	22
Çizelge 3.3. Deney Koşulları Özeti	24
Çizelge 3.4. Tez Deneylerinde Kullanılan Toplayıcı Türleri	24
Çizelge 3.5. Testlerde Kullanılan Toplayıcı Türlerinin İçerikleri	25
Çizelge 3.6. Yapılan Testlerde Kullanılan Toplayıcılar ve Dozajları	26
Çizelge 3.7. Karışım Testlerinde Kullanılan Toplayıcı Türleri ve Dozajları	27
Çizelge 4.1. Toplayıcı Karışımları Deney Tasarımı	37
Çizelge 4.2. Design Expert Programında Elde Edilen Alternatif Sonuçlar	46
Çizelge 4.3. Programa Girilen Karışım Testleri Verileri	47
Çizelge 4.4. Optimum Koşul için Yapılan Maliyet Hesapları	58
Çizelge 4.5. Optimum Koşul ile Elde Edilen Kazanım	58

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

μ	Mikron
mm	Milimetre
Cu	Bakır
Fe	Demir
Zn	Çinko
CuFeS ₂	Kalkopirit
CaO	Kalsiyum Oksit

Kısaltmalar

MIBC	Metil İzobütil Karbinol
SIPX	Sodyum İzopropil Ksantat
KAX	Potasyum Amil Ksantat

1. GİRİŞ

Kimyasal simgesi 'Cu' olan bakır, kırmızımsı renkte, ısı ve elektrik iletkenliği en yüksek endüstriyel metaldir [1]. Bu nedenle ulaşım, inşaat, elektrik elektronik, makine, kimya, kuyumculuk gibi birçok sektörde kullanılmaktadır. Bakır mineralleri genellikle bakırın yanı sıra diğer elementleri de içermektedir. Bu nedenle ham bakırın çıkarılması ve zenginleştirilerek yüksek tenörlü bir konsantrde elde edilmesi için birçok işlem uygulamak gerekmektedir.

Bakır cevherinin üretim yöntemlerinden kısaca bahsedilecek olursa, bakır içeren mineral çıkarıldıktan sonra ilk olarak kırma ve eleme işlemlerinden geçmektedir ardından kırılan ve öğütölen bakır cevheri flotasyon işlemine tabi tutulmaktadır. Flotasyon işlemi sonucunda elde edilen bakır konsantrleri %20 ile %40 tenör aralığına sahip olmalıdır. Bu değerlere sahip bakır konsantrlerine daha sonra işleme, kavurma ve ergitme işlemleri uygulanır ve ardından %50-70 tenörlü 'mat' bakır elde edilir. Son olarak, mat bakır konverter fırınlarında işlenerek %98-99,5 tenörlü blister (ham bakır) bakır elde edilmiş olur. Rafine bakır elde etmek için ise, blister bakır elektro rafinasyon işlemlerine tabii tutulur ve %99,99 saflıkta rafine bakır katotları elde edilir [2].

Katot, filmaşin, takoz, levha ve külçe olarak fabrikalara sevk edilen bakır, daha sonra ekstrüzyon, çekme, sarma, dövme, ergitme, elektroliz veya atomizasyon gibi işlemlerden geçirilerek tel, çubuk, sac, levha, şerit, döküm, toz ve çeşitli türlerde ürünler elde edilmektedir.

Ham bakır elde edilmesi için uygulanan flotasyon işleminde yüksek tenör elde edilmesi oldukça önemlidir. Flotasyon yönteminin uygulanması ise kullanılan kimyasallardan dolayı yüksek maliyetli bir yöntemdir. Flotasyon performansını etkileyen birçok parametre vardır. Bunlar başlıca kimyasal ve fiziksel parametreler olarak sınıflandırılabilir. Kimyasal parametreler; pH, Eh, oksidasyon ve kullanılan reaktifler olarak kategorize edilebilir. Flotasyonda kullanılan ve flotasyon kimyasını etkileyen en önemli reaktiflerden biri toplayıcıdır. Bu nedenle çeşitli toplayıcı ve toplayıcı karışımlarının flotasyon performansına etkisi uzun zamandır incelenmektedir. Her geçen gün yeni toplayıcı ve toplayıcı karışımları üretilerek hem proses maliyeti düşürölmeye hem de performansını arttırmaya yönelik çalışmalar yapılmaktadır.

Bu tezde, seçilen bir sülfürlü mineral için uygun toplayıcı türü, dozajı ve toplayıcı karışımlarının flotasyon verimi, tenörü ve flotasyon hızına olan etkileri matematiksel modeller yardımıyla ortaya konmuş ve yapılacak olan kesikli flotasyon testleri ile maksimum verim ve tenör için kullanılması gereken optimum toplayıcı karışımı türü ve karışım oranları belirlenmiştir.

Tezin amacı, farklı toplayıcı türleri ve karışımlarının sülfürlü minerallerin flotasyon performansına etkilerini incelemektir. Tezin hedefi ise, çalışılan cevher için kullanılan toplayıcıya alternatif olabilecek, maliyeti düşürebilecek, seçimliliği ya da verimi arttırabilecek alternatif toplayıcı ve/veya toplayıcı karışımlarının ve karışım oranlarının ampirik modeller yardımıyla belirlenmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Bakır, Mineralleri ve Özellikleri

İnsanlık tarihinde çıkarılıp işlenmiş olan ilk minerallerden biri bakırdır. İnsanlık tarihinin ilk yıllarına dayanan bakır madenciliği günümüze kadar önemi artarak ve gelişerek süregelmiş ve kullanım alanları giderek artmıştır. Roma ve Yunan bakır minerali ihtiyacını genellikle Kıbrıs Adası'ndan karşıladığı için bu minerale Kıbrıs minerali anlamına gelen Cyprium denilmiştir [2]. İsmi de buradan türediği tahmin edilmektedir [3].

Doğada bakır mineralleri dört şekilde bulunmaktadır. Bunlar;

Sülfürlü Yataklar: Kalkopirit (dünya bakır üretiminin yaklaşık % 50'si), kalkosin, kovellin, bornit içeren yataklardır.

Karbonatlı Yataklar: Azurit, malakit mineralleri içeren yataklardır.

Silikatlı Yataklar: Krizokol, diopfaz minerallerini içeren yataklardır.

Nabit Bakır Yatakları: Nabit bakır içeren yataklardır.

Bakır, endüstriyel metaller arasında en iyi iletkenliğe sahip metaldir ve çeşitli kullanım alanları mevcuttur. Bunlar; yüksek, orta ve düşük voltaj güç kabloları, enerji tasarruflu jeneratörler, motorlar, transformatörler ve yenilenebilir enerji üretim sistemleridir. Bakırın diğer iletken metallere göre korozyona ve sünmeye karşı daha dayanıklı olması elektrik ve enerji sektöründeki yerini sağlamlaştırmaktadır. İnşaat sektöründe de özellikle ateşe dayanıklılığı ve erimemesi gibi özelliklerinden dolayı bakır ve alaşımları tercih edilmektedir. Bunun yanı sıra bakır, ulaşım araçları ve makine üretiminde de oldukça büyük bir öneme sahiptir[2].

İçerisinde %6'dan fazla bakır bulunduran mineraller, bakır açısından zengin olarak tanımlanmaktadır. Başlıca bakır mineralleri Çizelge 2.1'de gösterilmektedir [4]. Kalkopirit mineralinin görüntüsü Şekil 2.1'de verilmiştir [5].

Çizelge 2.1. Başlıca Bakır Mineralleri

Mineral	Kimyasal Formülü	Bakır İçeriği (%)
Kuprit	Cu_2O	88,82
Tenorit	CuO	79,89
Kalkosit	Cu_2S	79,85
Kovellit	CuS	64,46
Bornit	Cu_5FeS_4	63,31
Malahit	$Cu_2(CO_3)(OH)_2$	57,48
Azurit	$Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$	55,31
Tennantit	$(Cu,Fe)_{12}As_4S_{13}$	47,51
Tetrahedrit	$(Cu,Fe)_{12}Sb_4S_{13}$	34,8
Kalkopirit	$CuFeS_2$	34,63



Şekil 2.1. Kalkopirit Minerali

2.2. Bakır Mineralleri Zenginleştirme Yöntemleri

Bakır minerallerinin zenginleştirilmesi için uygulanan yöntemleri özetlenecek olursa;

2.2.1. Flotasyon

Minerallerin fiziko kimyasal özelliklerinden faydalanarak bazı minerallerin su üstünde yüzdürülüp bazılarının ise bastırılması ile yapılan zenginleştirme işlemine flotasyon adı verilir. Flotasyon işlemi, kurşun-çinko, bakır-çinko, bakır-kurşun-çinko gibi kompleks mineralleri birbirinden ayırmak için uygulanmaktadır. Kompleks minerallerin yanı sıra hematit, malakit, serizit, florit ve kömür gibi endüstriyel minerallerin zenginleştirilmesinde de kullanılmaktadır [6].

2.2.2. Liç Yöntemi

Bu yöntem için en uygun bakır mineralleri kalkozin, kovelin, malakit, azurit ve atakomittedir. Bakır minerallerine uygulanan liç işlemleri pasada, planlanmış liç yığınının ve yerinde olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Pasa ve yığın liçlerinde zayıf asidik özelliklere sahip çözelti yığına yavaşça beslenir ve bakırın çözeltiliye geçmesi sağlanmış olur. Eğer uygulanan mineralde sülfür var ise, havanın yığının içerisindeki yukarı doğru olan hareketinden zayıf asit elde edilir. Sülfür yok ise, çözeltiliye sülfürik asit ilave edilir. Çözeltinin hazırlanmasının yanı sıra bakır kazanımını etkileyen en önemli faktörlerden biri de pasa boyutudur. 1.3 cm altında kırılmış ve tenörü %0.25'ten fazla olan bakır cevherlerinin %70'inden fazlası bir yıldan kısa bir sürede kazanılmaktadır [7].

2.2.3. Solvent Ekstraksiyonu

Solvent ekstraksiyonunda sulu bir çözeltideki farklı metal iyonlarından istenen metal iyonu tercihli olarak ayrılmaktadır. Böylece değerli metal, birlikte bulunduğu safsızlıktan ayrılmış olur. Bu yöntemde organik sıvı bileşik, sulu fazdaki metal iyonu ile bağ yapar ve sulu fazdan ayrılır. Burada, organik madde belirtilen metal için solvent adını alır. Bu organik solvent sulu fazdaki metal ile karıştırılır ve bekletilir. Bu bekletme işlemi ile metal iyonları organik faza alınmış olur. Sonuç olarak bekletme işlemi sonucunda organik faz sulu fazdan ayrıldığı için, organik faza gelen metal iyonları da fazdan ayrılmış olur. Bu yöntem düşük tenörlü cevherlerin kazanılmasında kullanılan önemli bir yöntemdir [8].

2.3. Flotasyon Yöntemi

Flotasyon yöntemi, düşük tenörlü karmaşık yapıları ve yer çekimi gibi yöntemlerle zenginleştirilmesi mümkün olmayan cevherlerin çok ince tane boyutuna öğütülerek zenginleştirilmesini sağlayan bir yöntemdir. Günümüzde, bakır, çinko, kurşun, gümüş gibi metallerin zenginleştirilmesi bu yöntemle yapılmaktadır [9].

Flotasyon, cevherleri yüzdürerek uygulanan bir zenginleştirme yöntemidir. Bu metot, cevherlerin zenginleştirilmesi, değerli mineral tanelerini atıktan ayırıp sıvı faz üzerinde oluşan köpükten toplanması, atık tanelerini ise sıvı ortam içerisinde (pulp) bırakarak uygulanmaktadır. Flotasyon yoluyla zenginleştirmede 45 mesh (0.355 mm) tane iriliği azami, değirmenlerde meydana gelen en ufak toz tane iriliği de asgari sınır olarak kabul edilebilir. 45 mesh den büyük ve 5 mikrondan küçük taneler, bu yöntemle genellikle düşük verimli bir flotasyon gerçekleştirilebilir. Flotasyon, başlangıcından bugüne kadar esaslı çeşitli iyileştirme ve geliştirme aşamaları geçirmiş ve neticede modern flotasyon işlemi, yani "Köpük Flotasyonu" sistemi bulunmuştur [10].

Flotasyonla,

- (i) %1 tenörlü Kurşun cevherleri,
- (ii) %0.5 tenörlü Bakır cevherleri,
- (iii) %0.3 tenörlü Molibden cevherleri,
- (iv) 5 g/t Au içeren altın mineralleri, bu metot sayesinde ekonomik olarak zenginleştirilmektedir [10].

Flotasyon işleminin uygulanması için cevherlerde ve ortamda bulunması gereken bazı özellikler vardır. Bunlar;

- Minerallerin bir kısmı hidrofob diğer kısmının ise hidrofil özellikte olması gerekir.
- Flotasyon ortamı yüzey gerilimini aktifleştiren maddeler içermelidir. Bu maddelerden bir kısmı su-hava yüzey gerilimini azaltmalı, bir kısmı ise stabil köpük yapan maddelerden olmalıdır.

- Hidrofob özellikteki mineraller bu oluşturulan köpüklerle taşınabilmelidir. Bunun için ise minerallerin tane boyu oldukça büyük önem taşımaktadır.
- Bu tane boyu ise cevherin serbestleşme boyu olmalıdır.

Yukarıda anlatılan aşamalar sağlandığı takdirde flotasyon işlemi devamlı bir şekilde gerçekleşmiş olup mineral yüzdürülür. Bu işlemde kullanılan kimyasallara flotasyon reaktifleri adı verilir [10]. Bu reaktifler, pH, besleme hızı, tane boyutu, cevher ve mineralin özellikleri flotasyon performansını büyük ölçüde etkilemektedirler [9].

2.4. Flotasyon Reaktifleri

Flotasyon yönteminde kullanılan reaktiflerin sınıflandırılması aşağıdaki gibidir [10];

- Düzenleyiciler

- pH düzenleyicileri
- Bastırıcılar
- Aktifleştiriciler
- Dağıtıcılar

- Köpürtücüler

- Toplayıcılar

2.4.1. Düzenleyiciler

Flotasyonda kullanılan reaktiflerden düzenleyiciler pH düzenleyiciler, aktifleştiriciler ve bastırıcılar olmak üzere üç ana sınıfa ayrılırlar [10].

2.4.1.1. pH Düzenleyiciler

Minerallerin yüzdürülmesinde pH değerinin önemi büyüktür. Bazı mineraller bazik, bazıları ise asidik ortamda yüzebilmektedirler. pH değerini düşürmek için sülfürik asit, yükseltmek için ise sodyum hidroksit veya kalsiyum hidroksit gibi kimyasallar flotasyon ortamına ilave edilir. Bu kimyasallara pH düzenleyiciler denir.

Kullanılan toplayıcı miktarları ile pH değeri arasında da doğrudan bir ilişki vardır. Bu nedenle istenilen pH değerine göre kullanılan toplayıcı miktarı sınırlandırılabilir. Sabit tutmak istenen pH değeri için belirli bir miktarda toplayıcı kullanıldığı zaman pH değeri değişmektedir [10]. Bunun yanı sıra pH değeri toplayıcıların mineral yüzeyi tarafından soğurulmasını da etkilemektedir. Örneğin, pirit yüksek alkali ortamda yüzemez fakat ksantat ile reaksiyona girerek nötr ve asidik ortamda yüzebilmektedir [11].

Flotasyon işleminde ayırma, reaktif konsantrasyonu ve pH arasındaki dengeden doğrudan etkilendiği için pH flotasyonda çok önemli rol oynamaktadır. Flotasyon yöntemi için en uygun ortam genelde alkali özellikteki ortamdır. Çünkü ksantat dahil bir çok toplayıcı alkali ortamda kararlıdır. Ayrıca flotasyon hücrelerinin ve boru hatlarının korozyonu da böylece en aza indirilmiş olur. pH'ı ayarlamak için kullanılan kimyasallar; sodyum karbonat, kireç, sodyum hidroksit ve sülfirik asit ya da sülfuroz asitir. Bunların yanı sıra en çok reaktifler kireç ve sülfirik asittir. Kirecin pH ayarlamasının yanı sıra koagülasyonda, ağır metal çöktürmesinde, kostikasyonda (karbonat iyonlarının uzaklaştırılmasında), çözültide siyanürü korumada ve flotasyonda özellikle piriti bastırmada büyük faydaları vardır ve H₂SO₄ ise pH ayarlama ve okside bakır, lateritik bakır, lateritik nikel liçlerinde de ayrıca kullanılmaktadır[12].

2.4.1.2. Bastırıcılar

Bastırıcılar, seçimli bir flotasyon yapma amacı ile istenmeyen mineralin yüzmesini engelleme amacı ile kullanılmaktadır[6]. Hem organik hem de inorganik bastırıcılar mevcuttur [10]. Organik bastırıcılara örnek olarak; guar, nişasta, dekstrin, sodyum karboksimetil selüloz, taninler- quebracho, mimosa ve lignin verilebilir. Bazı sodyum silikat ve siyanür gibi bastırıcılar ise bastırmalarının yanı sıra seçiciliği de artırır [12]. Mineraller için örnek verecek olursak, pirit için CaO, galen için bi kromat reaktifleri oldukça iyi bastırıcılardır [10].

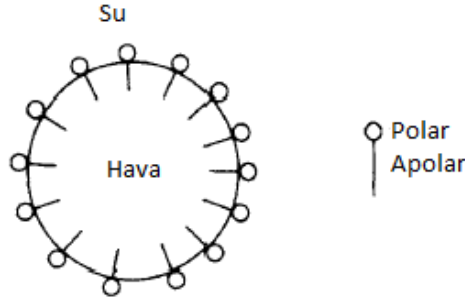
2.4.1.3. Aktifleştiriciler

Bu reaktifler minerallerin yüzey kimyasını değiştirip toplayıcıların da etkisinden faydalanarak minerallerin hidrofobik hale getirilmesini sağlarlar. Aktifleştiriciler genellikle çözültide iyonize halde bulunan çözünebilir tuzlardır. Bu iyonlar mineral yüzeyi ile reaksiyona girer. Buna örnek olarak, sfaleritin bakır ile aktifleştirilmesi verilebilir. Sfalerit ksantat toplayıcı ile yeterli miktarda yüzdürülemez. Fakat sfaleritin yüzme özelliği fazla miktarda uzun zincirli ksantat kullanılarak artırılabilir. Fakat bundan daha iyi bir yöntem olarak bakır sülfatı aktifleştirici olarak kullanılmaktadır. Böylece çinkodan daha elektronegatif özelliğe sahip bakır iyonları mineral yüzeyine tutulur ve sfaleritin yüzme özelliği artırılmış olur [13].

2.4.2. Köpürtücüler

Flotasyonda stabil köpük elde etmek ve bunun devamlılığını sağlamak flotasyon performansını etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Flotasyon işlemi sırasında temiz sudan elde edilen köpük stabil olmadığı için köpürtücüler kullanılmaktadır. Köpürtücüler suyun yüzey gerilimini azaltarak elde edilen köpüklerin devamlı bir şekilde stabil kalmasını sağlamaktadır. Yüzey gerilimi azaltılmaz ise köpükler yüzeye çıkarken patlayarak içine aldığı değerli tanenin geri düşmesine sebep olmaktadır. Köpürtücü reaktifler kompleks yapıdadır ve organik ve inorganik çeşitleri mevcuttur. Molekül yapılarında hem polar hem de apolar özellikleri aynı anda barındırırlar [10].

Köpürtücüler heteropolar yüzey aktif reaktif olmaları nedeniyle su- hava arasında bir ara yüz oluşturabilmektedirler. Yüzey aktif moleküller su ile reaksiyona girdiklerinde, su dipolleri hemen polar grup ile birleşir ve hidrat eder ama apolar hidrokarbon grubu reaksiyona girmez ve hava fazının içine girme eğilimi gösterir. Bu durum köpürtücü moleküllerinin heteropolar yapısının absorpsiyonuna neden olur, yani apolar kısım havanın, polar kısım ise suyun bulunduğu kısma yönelir ve bu şekilde dizilir (Şekil 2.2) [13].



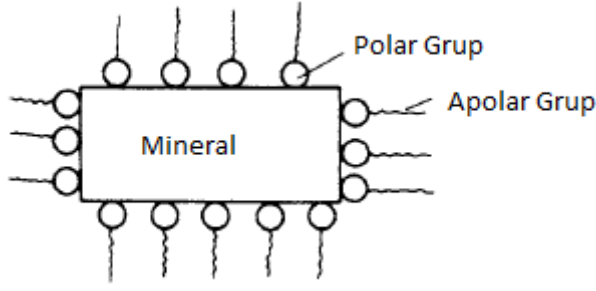
Şekil 2.2. Köpürtücünün Hareketi

Literatürde çözeltilerdeki hareketlerine ve özelliklerine göre birkaç farklı sınıflandırma mevcuttur. Dudenkov ve arkadaşları köpürtücüleri farklı pH değerlerinde gösterdikleri davranışlara göre sınıflandırmışlardır [11]. Ayrıca yapılan bir çalışmaya göre toplayıcılar arası etkileşimde köpük davranışının da etkisi olduğu görülmüştür [14].

Asidik köpürtücüler 1960 yılına kadar geniş ölçüde kullanılsa da çevreye etkilerinden dolayı kullanımları azalmıştır. Nötr köpürtücü çeşitli oldukça fazladır ve genellikle bu tür köpürtücüler kullanılmaktadır [11].

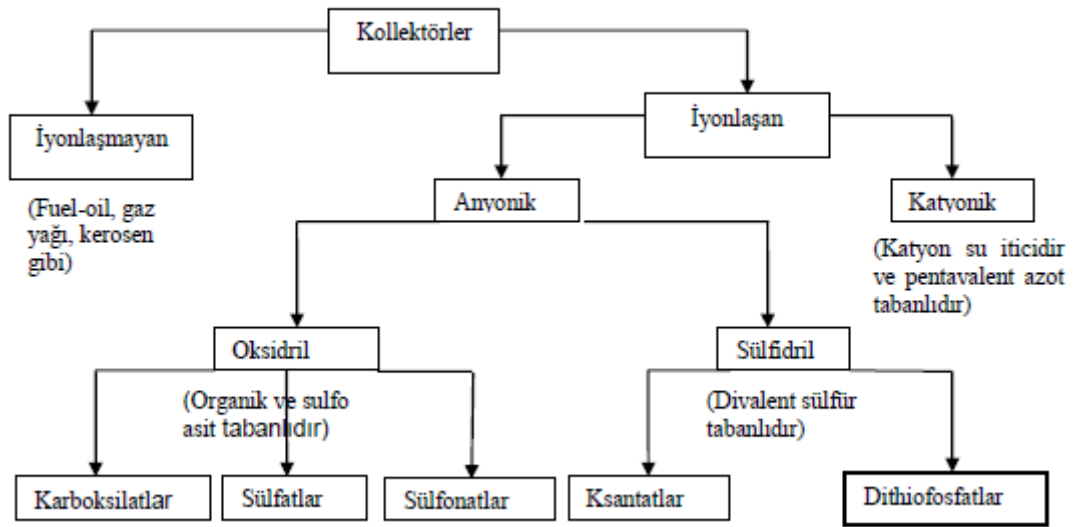
2.4.3. Toplayıcılar

Çoğu mineralin yüzdürülebilmesi için hidrofobikliğin artırılması gerekmektedir. Bunun elde edilmesi için ise 'toplayıcı' adı verilen yüzey aktif maddeler pülp içerisine eklenip mineralin soğurulması için koşullandırma süresi boyunca bekletilmektedir [13]. Toplayıcılar, moleküler yapısı apolar ve polar olmak üzere ikiye ayrılan organik yapıda kimyasallardır. Toplayıcıların apolar kısmı hidrokarbon radikalleri içeren kısımdır ve su ile reaksiyona girmez ve suyu itici özelliğe sahiptir. Polar kısmı ise su ile reaksiyona giren kısımdır. Toplayıcılar mineral tarafından soğurulduğunda, polar kısım su yüzeyine doğru hareket eder ve apolar kısmın suyu iten özelliği sayesinde mineral hidrofobik özellik kazanır [11]. Toplayıcıların mineral yüzeyine tutunması Şekil 2.3'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Toplayıcıların Mineral Yüzeyine Tutunması

Toplayıcılar, suda çözünen iyonik gruplar ve genellikle hidrokarbon grupları olan iyonik olmayan toplayıcılar olmak üzere iki ana başlığa ayrılırlar. İyonik toplayıcılar ise su itici özelliği veren anyonik ve katyonik özelliklerine göre ikiye ayrılmaktadır[11]. Toplayıcıların sınıflandırılması Şekil 2.4.'te gösterilmiştir [12].



Şekil 2.4. Toplayıcıların Sınıflandırılması

Anyonik toplayıcılar flotasyonda en yaygın kullanılan toplayıcı türleridir. Anyonik toplayıcılar oksidril ve sülfidril olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır [13].

Sodyum oleat olarak bilinen oleik asit tuzu ve linoleik asit oksit flotasyonunda yaygın olarak kullanılmaktadır. Sülfidril toplayıcıları temelinde divalent sülfürdür ve genelde kısa hidrokarbon zincirlerine sahiptir (maksimum 5C). Bunun nedeni sülfür yüzeylerinin doğal hallerinde bir miktar hidrofobikliğe sahip olmasıdır [12].

Sülfür minerallerinin flotasyonu dünya genelinde oldukça yaygın uygulanan bir işlemdir ve tonaj olarak flotasyonla zenginleştirilen en büyük mineral grubunu oluşturmaktadır [12].

Alkil ksantatlar ise en fazla kullanılan reaktif grubudur. Daha sonraki en büyük grup ise dithiofosfatlar olarak adlandırılan kimyasallardır. Bunların dışında alkil ksantatlar, dialkil dithiofosfatlar, tiyonokarbamatlar, sodyum MBT, dialkilditiyofosfinat, merkaptan, ksantik ester, dialkil ditiyokarbamat, monotiyofofosfat gibi birçok sülfidril (thiol) toplayıcılar mevcuttur. Birçok durumda karışım halinde iki sülfür toplayıcısı kullanmak, örneğin ksantat ve ditiyofosfatın birlikte kullanıldıklarında hem tenör hem de verim değerlerinde optimum koşulları sağlamak mümkün olmaktadır [12].

2.4.3.1. Oksidril Toplayıcılar

Oksidril toplayıcılar anyonik toplayıcıların en geniş grubu olmasına rağmen uygulamada çok az çeşitleri kullanılmaktadır. Bunun nedeni ise bu konuda çok az çalışma yapılmış olmasıdır fakat son zamanlarda yapılan çalışmalar giderek artmış ve yeni türler geliştirilmiştir. Oksidril toplayıcılar arasında üzerinde en çok çalışma yapılan türler oleik asit ve sodyum oleatlardır. Oleik asit toplayıcıları en yaygın kullanılan toplayıcılarıdır. Bunun nedeni ise diğerlerinden daha verimli olmaları değil, bunlar üzerine yapılan çalışmaların daha fazla olmasıdır. Sülfidril toplayıcılarla karşılaştırıldığında, oksidril toplayıcıların seçiciliği daha azdır ve flotasyon performansları pülp hazırlama metodu, pH değeri ve kullanılan düzenleyicilere göre değişmektedir. Fakat son zamanlarda uygun pülp kimyası kullanılarak oksidril toplayıcıların da sülfidril toplayıcılar kadar seçici özelliğe sahip olabileceği görülmüştür. Oksidril toplayıcılar çoğunlukla oksidik mineraller (silicatlar), karbonat mineralleri, sülfü grup içeren minerallerin flotasyonunda kullanılmaktadırlar. Oksidril toplayıcılar dokuz gruba ayrılmaktadır. Bunlar; karboksilatlar, alkil sülfatlar, sulfanatlar, hidroksamatlar, sülfosüksinatlar, sülfosüksimatlar, fosfonik asitler ve fosfonik asit esterleridir [11].

2.4.3.2. Sülfidril Toplayıcılar

Sülfidril toplayıcılara tiyol denilmektedir. –SH gruplarının organik radikalle bileşiminden oluşmaktadırlar. Sülfidril, aynı zamanda hidrokarbon zinciri olan bir karbon atomuna bağlanırsa bu tiyole merkaptan denilmektedir. Bunun yanı sıra, sülfidril grupları hidrokarbon zincirinin bir parçası olmayan karbon atomu ile hidrokarbon zincirine bağlandığı durumlarda eğer bu ‘anahtar’ karbon hidrokarbon zincirine oksijen veya sülfür ile bağlanıyorsa tiyokarbonik asit elde edilmektedir. Eğer bu bağlantı anahtar karbon atomu ve nitrojen atom zinciri ile yapılırsa tiyokarbamik asit (bir nitrojen) ya da tiyoreas (iki nitrojen) adı verilmektedir. Anahtar atom karbon yerine fosfor ise tiyola tiyoposporik asit denilmektedir [11].

2.4.3.2.1. Ksantatlar

Ksantatlar 1925 yılında bulunmuş ve o zamandan beri özellikle işlemini kolay ve seçimliliğinin problem olmadığı cevherlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Genellikle pelet veya toz şeklinde bulunup suda kolayca çözünebilirler. Ayrıca uygun dozajın sağlanması için istenilen güce sahip şekilde üretilebilirler. Ksantat solüsyonları sıvı halde iken uzun süreli stabilizasyona sahip değildir ve bu nedenle üretim yerine yakın tesislerde kullanılacakları zaman sıvı olarak tedarik edilirler. Ksantatlar genellikle C₂ ve C₅ olan karbon zincirlerinden oluşmaktadırlar. Zincir uzunluğu arttıkça toplayıcılık özelliği artar fakat seçiciliği düşmektedir. Ayrıca ksantatlar genellikle düşük pH değerlerinde stabil olmadıkları için asidik flotasyon tesisleri için uygun değildir [16].

Ksantat tüketimi cevherin özelliğine göre 20-200 g/t miktarları arasında değişmektedir. Altere olmamış ve atık ile çevresi kaplanmamış cevherlerin flotasyonunda düşük alkol ihtiva eden etil ksantat gibi çeşitleri kullanılabilirler. Bu duruma zıt koşullarda ise fiyatı yüksek olan yüksek alkol ihtiva eden çeşitleri kullanılırlar. Na-bazlı ksantatlar K-bazlı ksantatlara oranla daha kuvvetli ve dolayısıyla da daha yüksek fiyata sahiptirler. Cevher özelliği ve flotasyon işlemine göre tek çeşit ksantat kullanılabildiği gibi ksantat karışımları da kullanılabilmektedir [17].

2.4.3.2.2. Ditiyofosfatlar

Alkil ve aril ditiyofosforik asit ve alkali tuzlar genellikle sülfür toplayıcılarından aerofloat olarak kullanılmaktadır. Bilinen organik fosfor bileşiklerinden çok azı flotasyon reaktifi olarak kullanılmaktadır. Organik fosfor bileşikleri iki sınıfa ayrılmaktadır: (a) hidrokarbon zincirine direkt bağlı fosfor atomları (b) başka bir atom ile (örneğin oksijen) hidrojen zincirine bağlı fosfor atomları. Alkil ve ditiyofosfatlar yağ asitleri ve aminlerin aksine alkil sülfürik asit ve ksantik asitlere paralel olarak ikinci sınıfa aittir. Ditiyofosforik asitler ağır metal iyonları ile reaksiyone girer ve hidrofobik çözünmeyen çökeltiler halini alırlar. Ksantatlar gibi ditiyofosfatlar da flotasyon işleminde tek başlarına veya ksantatın yanı sıra ikinci toplayıcı olarak da kullanılırlar [11].

2.4.3.2.3. Monotiyofosfatlar

Ditiyofosfat ve monotiyofosfat toplayıcıları arasındaki fark ditiyofosfattaki fosfor atomuna bağlanan S atomu yerine, monotiyofosfatlarda O atomunun bağlanmasıdır. Bu fark Şekil 2.5.'te gösterilmektedir [16].



Şekil 2.5. Ditiyofosfat ve monotiyofosfat arasındaki bağlanma farkı

Monotiyofosfat ve ditiyofosfat asitleri ile yapılan birçok araştırma sonucu, monotiyofosfat asitlerinin aynı koşullarda ve pH değerinde ditiyofosfat asitlerine göre daha kararlı, daha güçlü asit ve daha güçlü toplayıcı oldukları ortaya çıkmıştır. Monotiyofosfatlar 1989 yılında tanınmıştır ve günümüzde bakır ve altın cevherlerinin flotasyonunda yaygın olarak kullanılmaktadır. [16].

2.4.3.2.4. Hidroksamatlar

Hidroksamatlar, bağlayıcı toplayıcılar grubuna ait olmalarına rağmen oksidril toplayıcılar olarak sınıflandırılmışlardır. Bunun sebebi, hidroksamatların kesit alanlarının yağ asidi iyonlarına eşit olmasıdır. Bunun sonucunda hidroksamatlar aynı zamanda yağ asidi gibi de davranırlar. Hidroksamat türü toplayıcılar alkil hidroksamik asitlerin sentezinden elde edilmektedir. Hidroksamatların flotasyon toplayıcıları olarak kullanımı ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Örneğin, malasit, basnaezit, titanat ve piroklor flotasyon toplayıcı olarak kullanılmıştır. Ticari uygulama olarak yalnızca Rus hidroksamat IM50 ve benzer bileşiğe sahip Çin'de üretilen bazı çeşitleri kullanılmaktadır. Çeşitli hidroksamat türleri incelendiğinde C9 zincirinden uzun zincire sahip olanlarının flotasyon performansını düşürdüğü, C7-C9 arası zincire sahip olanların ise en iyi flotasyon performansına sahip oldukları görülmüştür. Hidroksamatları flotasyon toplayıcıları olarak bazı firmalar; Hoeschst, Cytec, Rus IM50 ve Çin R801'dir [11].

2.4.3.2.5. Merkaptanlar

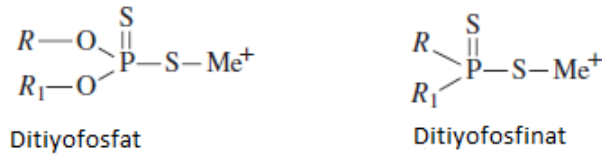
Merkaptanlar tiyol grubunun en basit toplayıcılarıdır ve alkollerden, ROH ve oksijen yerine sülfürün bağlanması ile RSH ile oluşmaktadır. Alkollerin sülfidize edilmesiyle oluşurlar fakat genellikle çeşitli farklı methotlarda üretilmektedirler. Merkaptanlar parafin hidrokarbonlardan oluşmaktadır ve suda az miktarda çözünürler. Merkaptanların en önemli özelliklerinden biri ise suda çözünmeyen metalik bileşik oluşturabilmeleridir. Ayrıca, disülfürlere kolayca oksidize olabirler. Merkaptanların bazı türleri molibden, altın içeren sülfürlü cevher ve enargit flotasyonunda kullanılmaktadırlar [11].

2.4.3.2.6. Tiyonokarbamatlar

N- Alil- O Alkil tiyonokarbamatlar, çinko mineralleri ve bakır cevherlerinde uzun zamandır kullanılmaktadır ve son zamanlarda bunlarla ilgili birçok çalışma yapıp geliştirilmiştir. Bu toplayıcılarla yapılan çalışmalar sonucunda bakır minerallerinin flotasyonunda pirit gibi istenmeyen gang minerallere karşı seçiciliğinin yüksek olduğu görülmüştür. Son zamanlarda yapılan bir başka çalışma ise, bu toplayıcıların köpük karakterizasyonuna da katkı sağladığını ve toplayıcıların zincir uzunluğu konusunda da önemli rol oynadığını göstermiştir. [18].

2.4.3.2.7. Ditiyofosfinatlar

Ditiyofosfinatlar sülfürlü cevher flotasyonunda yeni yeni kullanılmaya başlanılan toplayıcılardandır. Ditiyofosfat ve ditifosfinat arasındaki fark, fosfor atomunun hidrokarbnpn grubuna doğrudan bağlanması ile oluşmaktadır. Bu fark Şekil 2.6'da gösterilmiştir. Ditiyofosfinat grubuna örnek olarak Cytec firmasının ürettiği Aero 3418A verilebilir. Ditiyofosfinatlar, yüksek sıcaklıkta elemental fosfor atomunun fosfine hidrolizizi ile elde edilmektedir[11].



Şekil 2.6. Ditiyofosfat ve ditiyofosfinat arasındaki bağlanma farkı

2.5. Toplayıcı Sinerjik Etkileşimleri

Toplayıcı karışımlarının tesislerde kullanımı uzun zamandır bilinmektedir. Toplayıcı karışımları kullanımı, daha düşük dozaj gereksinimleri, verim ve seçimliliğin artması ve iri boyuttaki tanelerin kazanımı gibi avantajlar sağlamaktadır. Ditiyofosfatlar tiyol toplayıcı sınıfından oldukları için bu karışımlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu karışımların kullanıldığı bazı çalışmalardan alınan sonuçlar Çizelge 2.2'de özetlenmiştir. Çizelgedeki çalışmalarda, toplayıcıların tane tarafından soğurulması, reaktifler arası etkileşimler ve köpük karakteristiklerinin değişimi dikkate alınmıştır [5].

X – Ksantat

DTC – Ditiyokarbamat

DTP – Ditiyofosfat

MIBC - Metil izobütil karbinol (köpürtücü)

MTP - Monotiyofosfat

SMBT - Sodyum merkaptobenzotiyazol

SIBX - Sodyum izobütil ksantat

PPG – Polipropilen glikol

41G A – NCP tarafından üretilen ve trietoksibütan içeren köpürtücü [15].

Çizelge 2.2. Toplayıcı Karışımlarının Sinerjik Etkileri Üzerine Yapılan Çalışmaların Özeti

Etkileşim	Kimyasallar	Mineraller	Teknik	Karışımın Yararı
Tiyol-Tiyol Toplayıcı	Etil, Bütil Ksantatlar, (2:1; 1:1; 1:2)Ksantatlar, Dietilditiyofosfatlar	Arsenopirit Galen	Lab. Ölçekli Flotasyon ve Soğurum	Düşük dozajlarda yüksek verim ve iri boyut verimin iyileştirilmesi
	n-Propil, n-hexyl, sikloheksil, dipropil ditiyokarbamat (10:90; 50:50; 90:10)	Pirit	Lab Ölçekli Flotasyon	Tüm karışımlar için tenörde ve verimde artış
	Ditiyofosfatlar, ksantatlar, merkaptobenzotiyazol	Çeşitli sülfatlar	Lab Ölçekli Flotasyon	Daha yüksek verim. Optimum oran 70:30
	DTP:SIBX (30:70; 50:50; 70:30)	Platin GrupMineraller Pirit		İyileştirilmiş verim
	İzobütil ksantat: siyano dietil, ditiyokarbomat (12:44)	Kalkopirit Pirit	Lab Ölçekli Flotasyon	12:44'lük karışımda tenörde ve verimde artış
	Ditiyo-, monotiyo-fosfatlar (75:25; 50:50; 25:75)	Bakır sülfat karışımları	Lab Ölçekli Flotasyon	Karışım özelliklerinden dolayı 75:25 oranında optimum verim
	Etil ksantat: di-etil, ditiyokarbomat (80:20; 66:33; 50:50; 33:66; 20:80)	Hezlavudit Minerali	Soğurum Yüzey Gerilimi Mikro Flotasyon	Daha az yüzey gerilimi ve verimde artış için optimum oran 33:66
	Ksantat :SMBT	Arsenopirit Altın	Lab Ölçekli Flotasyon	Daha iyi performans için karışımın daha düşük dozajları
	Ksantat: dikresil ditiyofosfat	Bakır Sülfatlar	Lab Ölçekli Flotasyon	Düşük dozajlarda kinetiğin artışı
	n-bütil ksantat; ditiyokarbomat (95:5; 90:10; 85:15; 50:50)	Pirit	Lab Ölçekli Flotasyon Köpük Yüklenmesi Termokimyasal	Minerallerin toplanmasına ve toplayıcının soğurulmasının geliştirilmesinden dolayı verimin artışı
	Bütil ksantat: Hidrolize edilmiş poliakrilamid (90:10)	Sülfür karışımları ile altın	Lab. Ölçekli Kesikli Flotasyon	Düşük dozajlarda bile %3 verim artışı (90:10)

Toplayıcı karışımları kullanıldığında mineral yüzey soğurulmasının daha iyi olduğu görülmüştür. Bu, mineral yüzeyinin hidrofobikliğini daha da artırdığı gibi köpürtücü-toplayıcı etkisini de daha iyi bir hale getirmektedir. Mineralin hidrofobikliğindeki değişim, temas açısı, köpük yüklemesi ve flotasyon testlerinin verimlerini karşılaştırarak ölçülebilmektedir. Karıştırılması düşünülen toplayıcılar eklenmeden önce karıştırılırsa istenilen sonuç elde edilemeyebilir çünkü toplayıcıların sinerjik etkileri eklenme sıralarına bağlı olabilmektedir. Toplayıcı karışımlarının etkileri ayrıca bastırıcılara ve köpük karakteristiğine de bağlıdır. Toplayıcı karışımlarının kullanımı sonucunda, hem fiziksel hem de kimyasal olarak soğurulmuş yüzeyler köpük yapısını ve konsantre tenörünü olumlu yönde etkilemektedir. Köpürtücü etkisi olmayan güçlü bir toplayıcı kullanıldığında ve köpürtücü etkisi olan zayıf bir toplayıcı kullanıldığında iyi sonuçlar elde edildiği gözlenmiştir [15].

2.6. Toplayıcı Karışımları ile Yapılan Diğer Çalışmalar

Literatürde, toplayıcı karışımlarının flotasyon performansına etkisini inceleme amacı ile yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

- Dokuz Eylül Üniversitesi'nde yapılan bir çalışmada toplayıcı karışımlarının altın flotasyonuna etkisi incelenmiş olup en iyi sonuçlar potasyum amil ksantat (Aero 208), ditiyofosfat (Aero 208) ve ditiyofosfinat (3418-A) türü toplayıcılar ile elde edilmiştir [19].
- Güney Afrika'daki Cape Peninsula Teknoloji Üniversitesi'nde yapılan bir çalışmada potasyum amil ksantat (PAX), izopropil etil tiyonokarmabat (IPETC) ve sodyum izobütil ksantat (SIBX) türü toplayıcıların ayrı ayrı ve karışımının bir nikelli sülfür mineralinin flotasyonuna etkisi incelenmiştir. En iyi nikel tenörü SIBX ve PAX ve karışımları ile elde edilmiştir. En iyi nikel verimi ise IPETC ve SIBX ve PAX karışımı ile elde edilmiştir [20].
- Hindistan'da yapılan bir çalışmada ise bakır cürufuna toplayıcı karışımları ile flotasyon testleri yapılmıştır. Bu testler sonucunda en yüksek bakır verimi SIPX ve dietil ditiyofosfat karışımı ile elde edilmiştir [21].

- Güney Afrika'da yapılan bir başka çalışmada ise farklı tür ve zincir uzunluğuna sahip ksantat eşitleri ile ditiyofosfat ve tiyonokarmabat çeşitlerinin karışımlarının galen flotasyonuna etkisini inceleme amacı ile çalışmalar yapılmıştır. Karışımlar arasındaki en iyi sonuçlar ksantat ve ditiyokarbamat türü toplayıcı karışımı ile elde edilmiştir [14].
- Çin'de yapılan bir çalışmada kalsiyum tungstat mineralinin flotasyonunda toplayıcı karışımının etkisi incelenmiştir. 733 kodlu toplayıcı ve sodyum yağ asit metil ester sülfonat toplayıcıları karışımı kullanılarak, kalsiyum tungtant mineralinin flotasyonunda yaygın olarak kullanılan sodyum sabunu (sodium soap) ve 733 toplayıcıları ile elde edilen sonuçlara göre seçimliliğin arttığı ve maliyetin azaldığı gözlenmiştir [22].

Özetlenen bu çalışmaların yanı sıra toplayıcı karışımları ile ilgili yapılan birçok çalışmalar mevcuttur. Bu tez kapsamında farklı ticari kodlara sahip ditiyofosfat, ksantat, ditiyofosfinat, tiyonokarbamat türü toplayıcılar kullanılmıştır.

3. MALZEME VE DENEYSEL YÖNTEM

Deneyisel çalışmalarda kullanılan kalkopirit cevheri Kastamonu ilinin Küre ilçesinde bulunan bölgeden temin edilmiştir. Yaklaşık 50 kg temsili numune alınarak Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Cevher Hazırlama Laboratuvarına getirilmiş, cevher hazırlama ve zenginleştirme çalışmaları yapılmıştır.

3.1. Deneyselerde Kullanılan Ekipmanlar

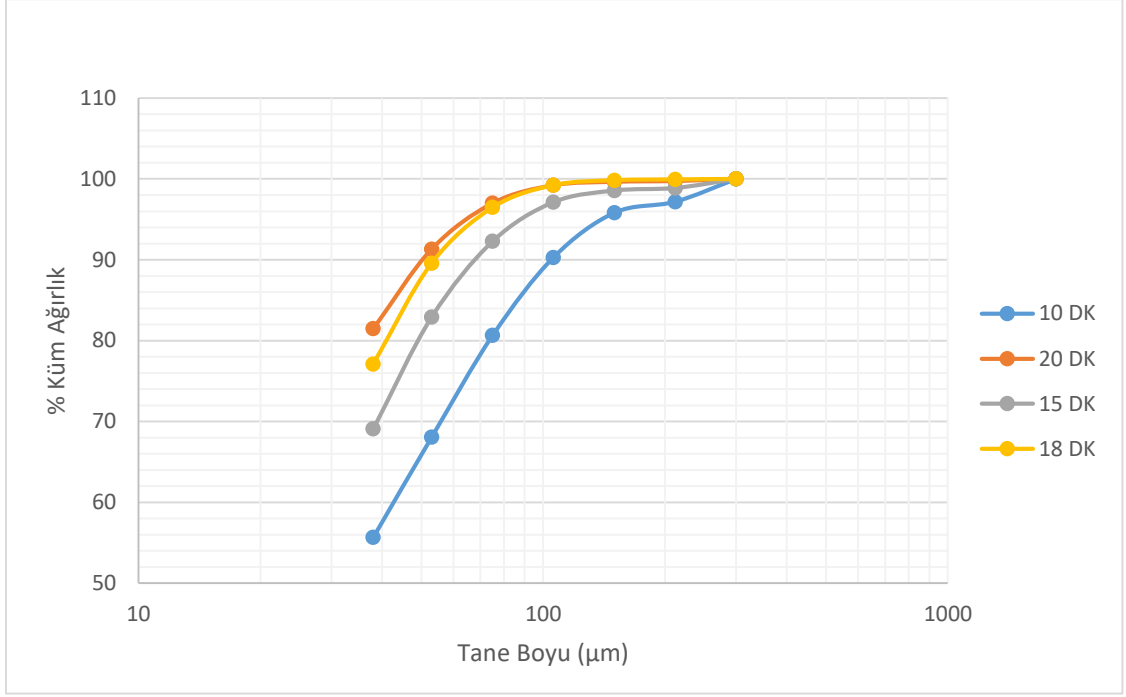
Deneyisel çalışmalar kapsamında yapılan zenginleştirme testlerinin tümü Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Cevher Hazırlama Laboratuvarında bulunan laboratuvar ölçekli ekipmanlar ile yapılmıştır. Deney sonuçlarının analizi için ise atomik absorpsiyon spektroskopisi cihazı kullanılmıştır.

3.2. Cevher Karakterizasyonu

3.2.1. Elek Analizi

Birer kilogram olarak ayrılan 50 adet numunelerden bir tanesi EDTA ve elek analizi yapmak için ayrılmıştır. Tesisteki flotasyon tane boyu olan 45µm flotasyon testleri içinde optimum tane boyu olarak kabul edilmiştir. Cevher farklı sürelerde öğütülerek, öğütülen cevhere elek analizi yapılmış ve tane boyu dağılımı, p80 değerleri kullanılarak kalibrasyon eğrileri çıkarılmıştır. Bu doğrultuda 1 kg'lık cevher 20 dk, 15 dk ve 10 dk süre ile yaş bilyalı değirmende öğütülmüştür. 20 dk öğütme sonucunda elde edilen p80 değeri 36µm'dir. 10dk'lık öğütme işlemi sonucunda elde edilen p80 değeri 74 µm, 15dk'lık öğütme sonucunda elde edilen p80 değeri ise 49 µm'dir. Tesiste flotasyon beslemesinin boyu p80: 45 mikron'dur. Bu sebeple üç farklı sürede uygulanan öğütme işlemleri sonucunda yapılan hesaplamalarda cevhere, 18 dakika öğütme işlemi uygulanmış ve p80 değeri 42 µm olarak elde edilmiştir ve bu süre optimum öğütme süresi olarak belirlenmiştir.

İstenilen p80 değeri elde edildikten sonra flotasyon işlemleri boyunca her test öncesinde cevher 18 dakika öğütülmüştür. Uygulanan her bir elek analizine ait boyut dağılımı Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Öğütme İşlemi Sonucunda Elde edilen Boyut Dağılımı

3.2.2. Kimyasal Analiz

Öğütme süresi bulunduktan sonra elek analizi numunelerinin her bir fraksiyonu için kimyasal analiz yapılmıştır. Bu kimyasal analiz sonuçları Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Elde Edilen Fraksiyonların Kimyasal Analiz Sonuçları

	W g	W %	Tenör (%)			Dağılım		
			Cu	Fe	Zn	Cu %	Fe %	Zn %
-212+150µm	0.26	0.10	2.36	33.85	1.36	0.09	0.09	0.14
-150+106µm	1.54	0.61	2.34	31.77	1.24	0.52	0.52	0.73
-106+75µm	6.91	2.74	2.56	39.89	1.22	2.55	2.90	3.24
-75+53µm	17.4	6.91	2.48	37.25	0.99	6.21	6.83	6.62
-53+38µm	31.46	12.49	2.47	38.86	0.90	11.19	12.88	10.88
-38µm	194.29	77.14	2.84	37.50	1.05	79.44	76.77	78.39
	251.86	100	2.76	37.68	1.03	100	100	100

Elde edilen fraksiyonların kimyasal analizleri incelendiğinde bakırın ağırlıkça en çok ince boylarda toplandığı ancak bakır tenörü açısından homojen bir dağılım sergilediği görülmektedir.

3.2.3. Yüzey Oksidasyonu

Cevherin yüzey oksidasyon oranının bulunması için EDTA testi yapılmıştır. EDTA testi için öncelikle 1kg'lık numunelerden 125 gram temsili numune alınarak halkalı değirmende öğütülmüştür. Daha sonra %10 sodyum hidroksit ve %3 EDTA çözeltisi eklenerek 500 ml'lik çözelti hazırlanmıştır. Hazırlanan çözeltiye 10 gr katı numune eklenip 30 dakika manyetik karıştırıcı ile yüksek hızda karıştırılmıştır. Daha sonra bu çözelti süzülüp çözeltinin ve katının ayrı ayrı analizleri yapılarak Es ve Em değerleri hesaplanmıştır. Bu işlem iki tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır. Es değeri oksitlenmiş bakırın cevherin içindeki bakıra oranı, Em değeri ise oksitlenmiş bakır miktarının tüm cevhere oranıdır. Bu hesaplamalar ve detaylı analiz sonuçları Ek 1'de verilmiştir. Bu işlem iki tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır.

Sonuç olarak cevherin içerisindeki metallerin % cinsinden oksitlenme yüzdeleri çizelge 3.2'de özetlenmiştir. Oksitlenme yüzdeleri (%) EDTA ile çözünen metalin, ekstraksiyonda kullanılan cevherin içindeki bakıra oranı esas alınarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3.2. Oksitlenme Yüzdeleri

Oksitlenen Metal (%)		
Cu	Fe	Zn
1,08	1,08	1,08
1,04	1,10	1,10

Metallerin oksitlenme yüzdeleri incelendiğinde oksitlenmenin %1 gibi düşük bir değerde olduğu ve flotasyonu engelleyecek ya da olumsuz etkileyebilecek bir düzeyde oksidasyon olmadığı görülmüştür [23].

3.2.4. Cevherin Özgül Ağırlığı

Cevherin özgül ağırlığı yapılan piknometre testleri sonucunda 4,234 g/cm³ olarak hesaplanmıştır.

3.3. Flotasyon Test Koşulları

Öncelikle çalışılan sülfürlü cevher için en uygun toplayıcı ya da toplayıcı karışımı belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla ilk olarak farklı fonksiyonel gruplara sahip toplayıcı türleri ile ayrı ayrı tarama testleri yapılmış ve bu tarama testleri sonucunda en yüksek verim ve tenör değerlerini sağlayan toplayıcılar ile karışım testleri tasarlanarak optimum karışım dozajının ve toplayıcı karışımının belirlenmesi sağlanmıştır.

Yapılan tarama testleri sonucunda toplayıcı için optimum dozaj 100 g/t olarak belirlenmiş ve tüm flotasyon testleri için kullanılan toplayıcı miktarı toplamda 100g/t dozajında olacak şekilde planlanmıştır.

Flotasyon testleri için 18 dakika yaş öğütme işlemine tabii tutulan numune flotasyon hücresine aktarılmıştır. Öğütme esnasında değirmene 2 gr CaO eklenmiş hücrede gerektiğinde ekstra CaO ilave edilerek flotasyon boyunca pH değerinin 11.5 olması sağlanmıştır. pH değeri sabitlendikten sonra toplayıcı ve köpürtücü eklenerek belirli aralıklarla konsantreler toplanmıştır. Ayrıca, su verimlerinin hesaplanması için konsantreler ile birlikte gelen su miktarları da hesaplanmıştır. Alınan tüm konsantreler ve atık numuneleri filtreden geçirilerek kurutulmuş ve kimyasal analiz için hazır hale getirilmiştir. Daha sonra bu numuneler sabit tartıma getirilerek içinden 0.25 gr temsili numuneler tartılmış ve 10 ml HNO₃ + 15 ml HCl asit karışımı eklenerek 100 derecede eritişe alınmıştır. Çözeltiler filtrelenerek katısından ayrılmış ve analizleri Atomik Absorpsiyon Spektrometresi ile Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında yapılmıştır.

Tez deneyleri boyunca yapılan tüm testlerde, köpürtücü miktarı, hücre boyutu, tane boyu, besleme miktarı ve pH değerleri sabit tutulmuş olup, tek değişken kullanılan toplayıcı türü ve dozajdır. Deney koşullarının özeti çizelge 3.3'te kullanılan toplayıcı türleri ve içerikleri Çizelge 3.4 ve Çizelge 3.5'te verilmiştir [24-29].

Çizelge 3.3. Deney Koşulları Özeti

Toplayıcı Türü	-
Kopürtücü türü / Miktarı (g/t)	MIBC / 20
Hücre Hacmi (litre)	2,5
pH	11-11,4
EH	-
Hız (devir/dakika)	1350-1400
Besleme Miktarı (g)	1010-1020
p80 (µm)	42

Çizelge 3.4. Tez Deneylerinde Kullanılan Toplayıcı Türleri

Toplayıcı İsimleri	Toplayıcı Türleri
X-231	Tiyonokarbamat
SIPX	Ksantat
3477	Ditiyofosfat
3418-A	Ditiyofosfinat
Aero 238	Ditiyofosfat
5100	Tiyonokarbamat

Çizelge 3.5. Testlerde Kullanılan Toplayıcı Türlerinin İçerikleri

Toplayıcı Kodu (Türü)	İçeriği	Miktarı (%)
X-231 (Tiyonokarbamat)	Alkil tiyonokarbamil asit ester	95
SIPX (Ksantat)	Sodyum isopropyl xanthate	≥90
3477(Ditiyofosfat)	Sodyum diizobütil ditiyofosfat; Sodyum hidroksit	30-60;1
3418-A (Ditiyofosfinat)	Sodyum diizobütil-ditiofosfinat; Tri-izobütilfosfin sülfid	50-52;1
Aero 238(Ditiyofosfat)	Sodyum di sek butil-ditiofosfat; Sodyum hidroksit	~50;~0,5
5100 (Tiyonokarbamat)	N-Alil-O-izobütil tiyonokarbonat; Bütanol, sec; Yzobutanol ; N-Alil-O-n-bütil tiyonokarbamat	87;5-7,5;5-7,5;1- 3

3.3.1. Farklı Toplayıcı Türleri İle Yapılan Çalışmalar

Toplayıcı toplamda 100 g/t olacak şekilde 3 kademedeki eklenmiştir. İlk kademedeki 30 g/t, ikinci kademedeki 20 g/t ve 3. kademedeki kalan tüm bakırı sıyırmak için 50 g/t toplayıcı eklenmesi yapılmıştır. Tüm testlerde toplayıcı koşullandırma süresi 2 dakika, köpürtücü ile koşullandırma süresi 1 dakikadır. İlk aşamada 30g/t dozajında kullanılan toplayıcı pülpe eklenip koşullanması için 2 dakika bekletilmiştir daha sonra 20g/t MIBC eklenerek 1 dakika boyunca koşullanması için bekletilmiştir. Koşullandırma süresinin ardından kinetik flotasyon yapılmıştır. 30 saniye sonunda C1 konsantrasi, 1,5 dakika sonunda C2 konsantrasi ve 3 dakika sonunda C3 konsantrasi alınmıştır. Ardından, 20g/t toplayıcı daha eklenmiş ve koşullandırma süresinin tamamlanmasından sonra 2 dakika boyunca C4 konsantrasyonu alınmış son olarak 50g/t dozajında toplayıcı yeniden eklenmiş ve koşullandırma süresi tamamlandıktan sonra 3 dakika boyunca C5 konsantrasi alınmıştır. Ayrıca, su verimlerinin hesaplanması için konsantrelerin alındığı kapların boş ağırlıkları ve içerisinde konsantr bulurken ağırlığı ölçülmüş ve not edilmiştir.

Farklı toplayıcı türleri için yapılan testlerin işlem sırası aynı olup, tek fark kullanılan toplayıcı türleridir. Farklı toplayıcı türleri ile yapılan testlerde kullanılan toplayıcı türleri Çizelge 3.4'te ve dozajları çizelge 3.6'da verilmiştir. Farklı toplayıcı türleri ile yapılan testlere ait deney koşullarını içeren tablolar EK 2-10'da yer almaktadır.

Çizelge 3.6. Yapılan Testlerde Kullanılan Toplayıcılar ve Dozajları

Test No	Toplayıcı Kodu (Toplayıcı Türü)	Miktarı (g/t)
4	X-231 (Tiyonokarbamat)	30-20-50
5	X-231 (Tiyonokarbamat)	30-20-50
6	SIPX (Ksantat)	30-20-50
7	SIPX (Ksantat)	30-20-50
8	3477 (Ditiyofosfat)	30-20-50
9	3418- A (Ditiyofosfinat)	30-20-50
10	Aero-238 (Ditiyofosfat)	30-20-50
11	Aero-238 (Ditiyofosfat)	30-20-50
12	5100 (Tiyonokarbamat)	30-20-50

3.3.2. Toplayıcı Karışımları İle Yapılan Çalışmalar

Farklı toplayıcı türleri ile yapılan testlerin sonuçları değerlendirildiğinde en iyi bakır verim ve tenör değerlerinin Aero-238, SIPX ve 3477 kodlu toplayıcılar ile elde edildiği görülmüştür. Bu nedenle karışım deneylerinde bu üç toplayıcı farklı oranlarda kullanılmıştır. Optimum toplayıcı karışım oranının hesaplanması için Design Expert programından yararlanılıp, programın sunduğu deney tasarımına göre toplayıcı karışımlarının deneyleri yapılmıştır.

Toplayıcı karışımları ile yapılan deneylerde deney koşulları çizelge 3.3'te verilen koşullar ile aynı olup, değişen parametreler konsantre sayısı, toplayıcı türleri ve toplayıcıların kullanım dozajlarıdır. Tasarım programının verdiği oranlarda toplayıcılar eklenmiştir ve tek seferde toplam toplayıcı miktarı 100g/t olarak ayarlanmıştır. Tüm toplayıcılar teste başlamadan önce eklenmiş ve bir önceki tasarımdan farklı olarak sonradan toplayıcı ekleme işlemi yapılmamıştır. Toplamda 4 konsantre alınmıştır, ilk konsantre 30 saniye sonunda, ikinci konsantre toplamda 2 dakika sonunda, üçüncü konsantre 5 dakika sonunda ve sonuncu konsantre de toplamda 8 dakika sonunda alınmıştır. Testlerde kullanılan toplayıcı tür ve dozajları çizelge 3.7'de verilmiştir. Toplayıcı karışımları ile yapılan testlerin deney koşulları EK11-24'te yer almaktadır.

Çizelge 3.7. Karışım Testlerinde Kullanılan Toplayıcı Türleri ve Dozajları

Test No	Toplayıcı Kodu (Toplayıcı Türü)	Miktarı (g/t)
13	X231-SIPX (Tiyonokarbamat-Ksantat)	90-10
14	X231-SIPX (Tiyonokarbamat-Ksantat)	90-10
15	Aero 238 - SIPX (Ditiyofosfat – Ksantat)	50-50
16	Aero 238- SIPX-3477 (Ditiyofosfat – Ksantat – Ditiyofosfat)	33-33-33
17	Aero 238- SIPX-3477 (Ditiyofosfat – Ksantat – Ditiyofosfat)	17-17-67
18	SIPX-3477 (Ksantat – Ditiyofosfat)	50-50
19	Aero 238- SIPX-3477 (Ditiyofosfat – Ksantat – Ditiyofosfat)	17-67-17
20	Aero 238 -3477 (Ditiyofosfat – Ditiyofosfat)	50-50
21	Aero 238- SIPX-3477 (Ditiyofosfat – Ksantat – Ditiyofosfat)	67-17-17
22	3477 (Ditiyofosfat)	100
23	SIPX (Ksantat)	100
24	Aero 238 (Ditiyofosfat)	100
25	Aero 238 -3477 (Ditiyofosfat – Ditiyofosfat)	50-50
26	3477 (Ditiyofosfat)	100
27	SIPX (Ksantat)	100
28	Aero 238 (Ditiyofosfat)	100

Farklı toplayıcı türleri ile yapılan deneylerin sonucunda elde edilen çinko miktarı oldukça düşük (0,6-0,9) olduğu için toplayıcı karışımları ile yapılan testlerin sonucunda çinko analizi yaptırılmamıştır.

Numunelerin alındığı tesiste tiyonakarbamat türü toplayıcı (X-231 kodlu) ve gerektiğinde kaba flotasyonun 2. ya da 3. hücrelerinde 3 g/t ksantat türü toplayıcı (KAX) eklenmektedir. Bu koşula uygun olması için, tesiste kullanılan X231 tiyonokarbamat türevi toplayıcı ve KAX ile yapılan testler baz koşul olarak alınmıştır. Ksantat türü ve KAX'a göre daha seçimli bir toplayıcı olan SIPX ile X231 tiyonokarbamat türü toplayıcıların karışım testleri de tarama ve karışım testlerine dahil edilmiştir. Bu testlere ait (test 13 ve test 14) deney koşulları EK 25 ve EK26'da verilmiştir.

4. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Farklı Toplayıcı Türleri ile Yapılan Test Sonuçları

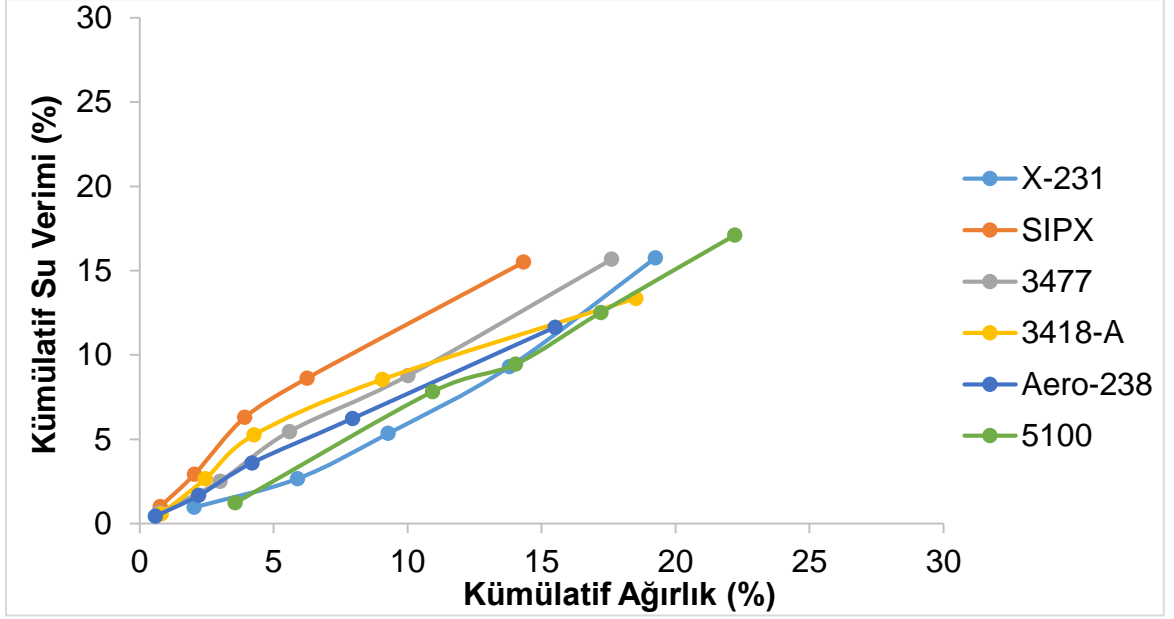
Farklı toplayıcı türleri ile yapılan testlerin sonuçları EK28' de verilmiştir. Her bir teste ait su verimi verileri EK29'da yer almaktadır. Sülfürlü cevher flotasyonunda pirit istenmeyen bir mineral olduğu için, flotasyon sonucu yüzen/konsantreye gelen pirit miktarı ve kazanılan demir miktarını hesaplamak için kullanılan veriler ise EK30'da yer almaktadır.

Toplayıcı türüne göre karşılaştırılan su verimine ait veriler Şekil 4.1'de verilmiştir.

Toplayıcı türüne göre elde edilen bakır, çinko ve pirit verimlerinin karşılaştırılması sırasıyla Şekil 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.5'te verilmiştir.

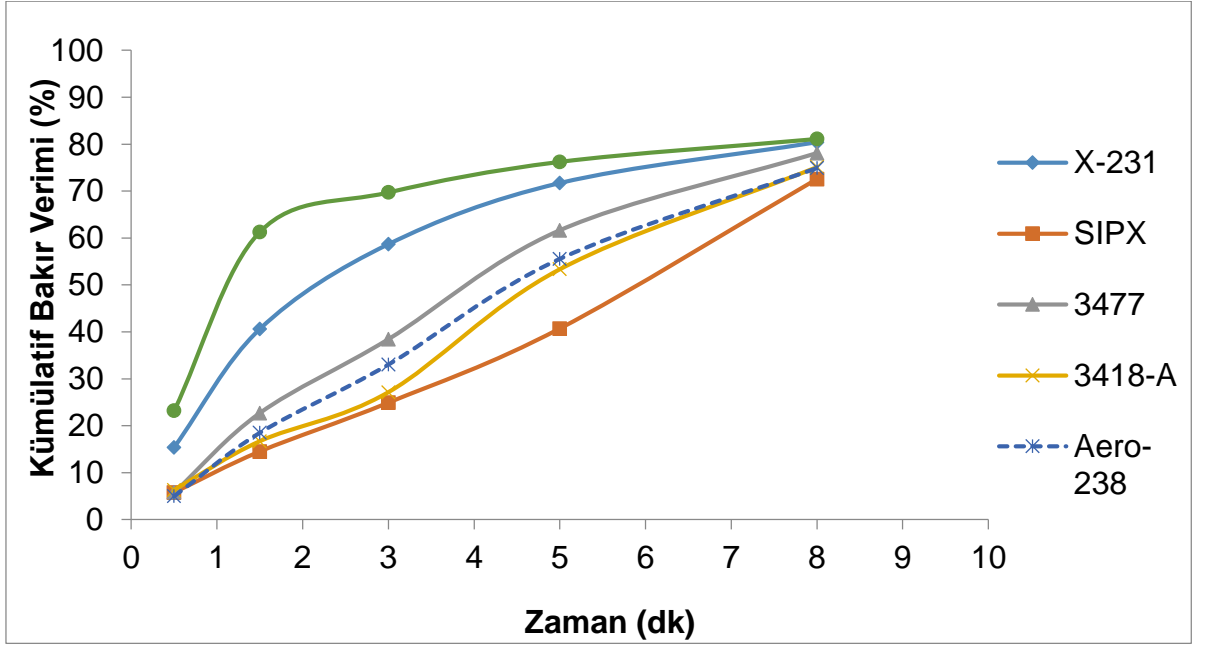
Her bir toplayıcı türü ile yapılan testlerde elde edilen bakır verimleri ile pirit verimlerinin karşılaştırılması Şekil 4.6'da verilmiştir.

Her bir toplayıcı türü ile yapılan testlerde elde edilen bakır verim ve tenör değerlerinin karşılaştırılması Şekil 4.7'de verilmiştir.



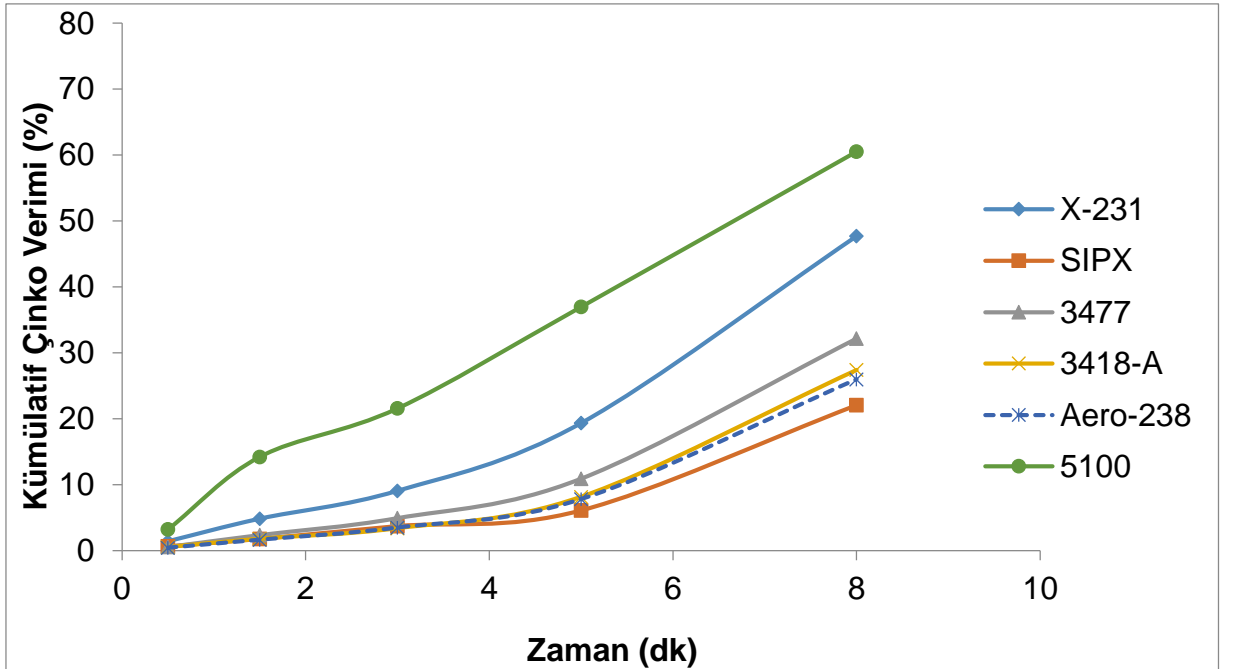
Şekil 4.1. Su Verilerinin Karşılaştırılması

Birim miktarda katı kazanımına karşılık gelen su verimi grafiği köpük yapısının da bir göstergesi kabul edilebilmektedir. Bu anlamda Şekil 4.1 incelendiğinde kimyasalların flotasyon davranımına etkisi ortaya çıkmaktadır. Su ile taşınan malzeme miktarındaki artış kütle kazanımı ile doğru orantılı ise bu akla malzemelerin su ile taşınarak (entrainment) köpüğe geldiğinin bir göstergesidir. Tam tersi olan katı kazanımı artarken su veriminde bir değişiklik olmuyorsa bu da cevherin hidrofobikliğindeki artışa dolayısıyla gerçek flotasyona atfedilmektedir. Şekil 4.1 incelendiğinde, su ile taşınan malzeme miktarının en çok SIPX, en az ise 5100 kodlu toplayıcı ile elde edildiği görülmüştür. 5100 ile alınan katı malzeme miktarı diğer reaktiflerin hepsinden fazladır üstelik su veriminin de katı veriminin bir fonksiyonu olarak artmaması reaktifin malzemenin hidrofobikliğini arttırdığını göstermektedir. 3418-A kodlu toplayıcının verilerine bakıldığında ise ilk konsantrelerde su ile taşınan malzemenin çok olduğu fakat zamanla son konsantrelerde bu miktarın ciddi bir oranda azaldığı görülmektedir. Diğer toplayıcıların davranışlarına bakıldığında, X-231 kodlu toplayıcı ile yapılan testte malzemenin su ile en az miktarda taşındığı ve malzemenin çoğunun gerçek flotasyon ile alındığı gözlenmiştir. X-238 ve 3477 kodlu toplayıcıların verileri incelendiğinde, grafik çizgileri orta değerlerde yer aldığı için su ile taşınan malzeme ve gerçek flotasyon ile alınan malzeme miktarının dengeli olduğu görülmüştür.



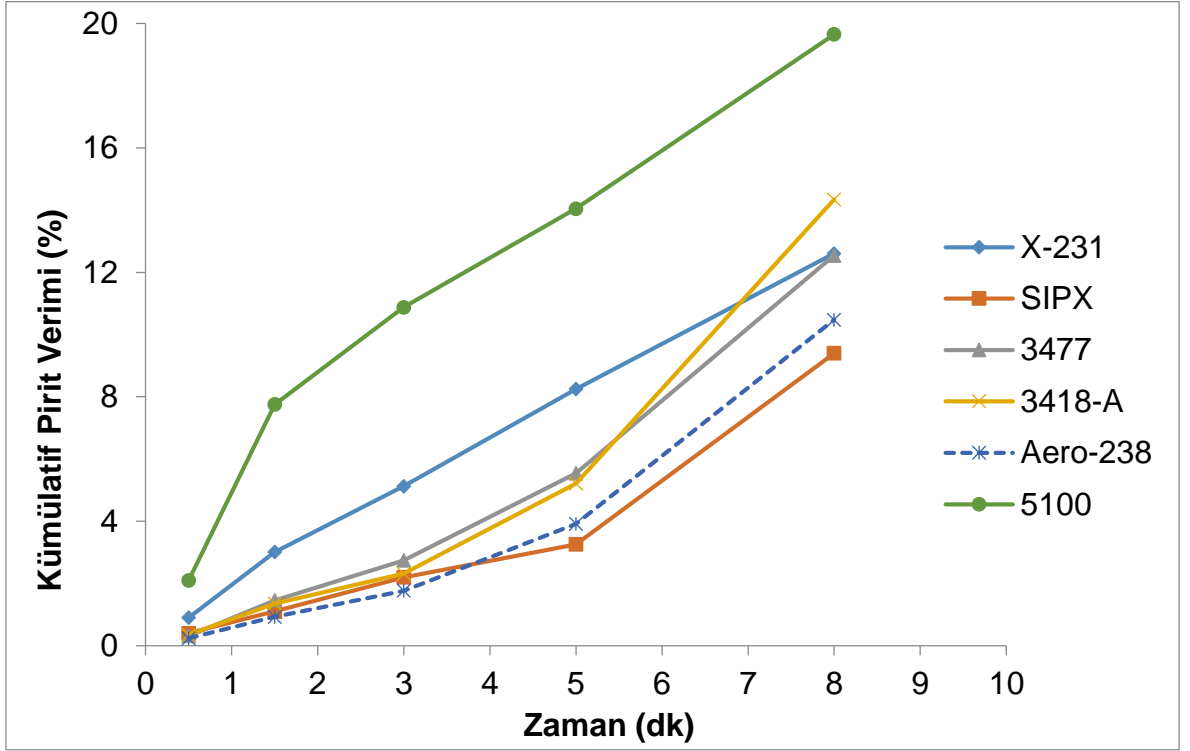
Şekil 4.2. Bakır Veriminin Karşılaştırılması

Şekil 4.2 incelendiğinde, bakır verimin en yüksek değerinin elde edildiği toplayıcı 5100 kodlu toplayıcı olmuştur. Onun ardından en yüksek verim sırasıyla; X-231, 3477, X-238, 3418-A ve SIPX kodlu toplayıcılarla elde edilmiştir.



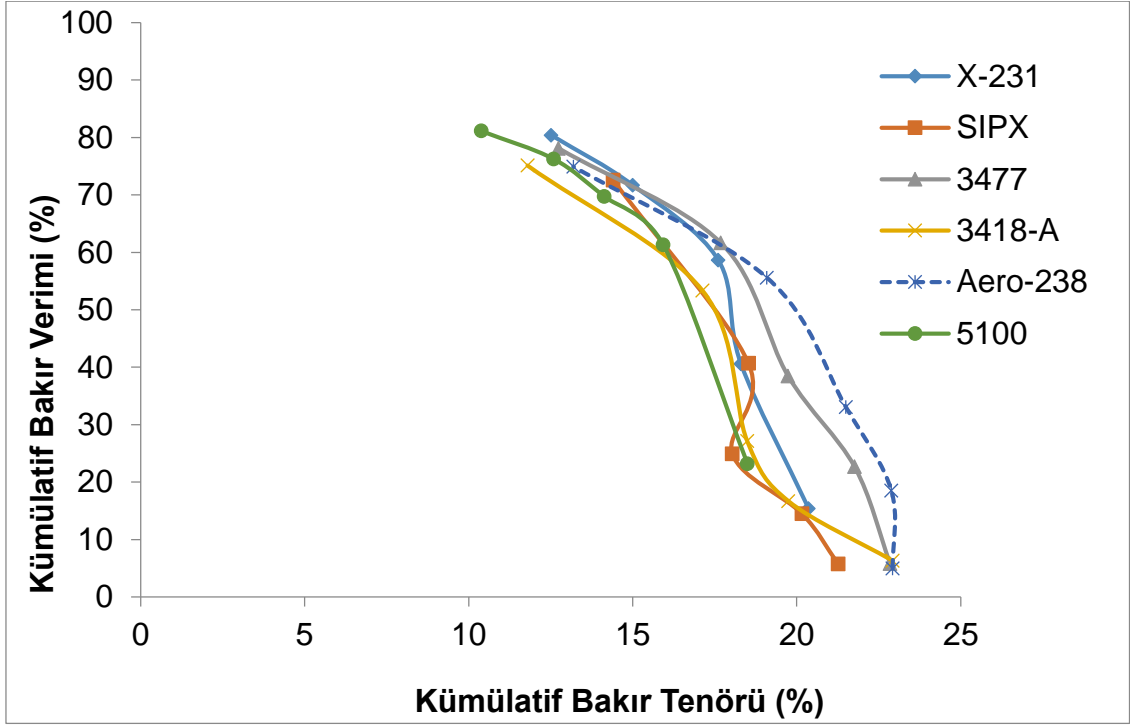
Şekil 4.3. Çinko Veriminin Karşılaştırılması

Şekil 4.3 incelendiğinde, çinko verimin en yüksek değeri 5100 kodlu toplayıcı ile elde edilmiştir. Ardından en yüksek çinko verimi sırası ile; X-231, 3477, 3418-A, X238 ve SIPX toplayıcıları ile elde edilmiştir.



Şekil 4.4. Pirit Veriminin Karşılaştırılması

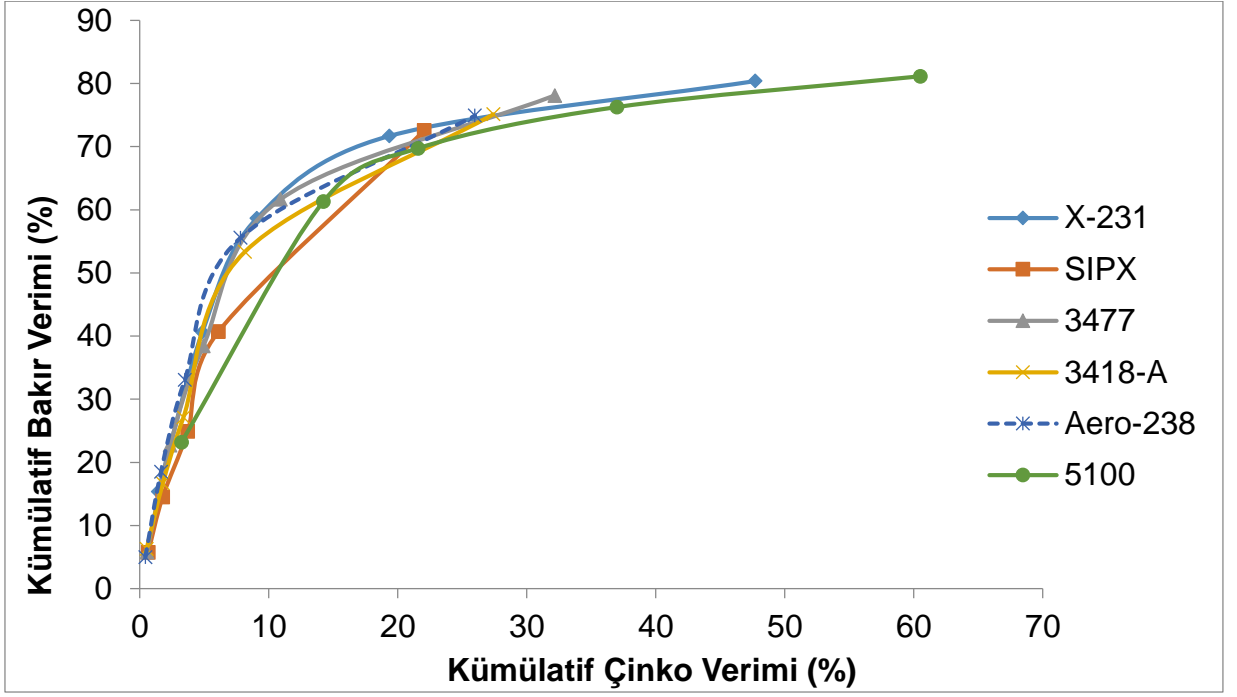
Şekil 4.4 incelendiğinde, pirit verimi en yüksek 5100 kodlu toplayıcı ile elde edilmiştir. Ardından en yüksek pirit verimi sırası ile X-231, 3418-A, 3477, X-238 ve SIPX toplayıcıları ile elde edilmiştir.



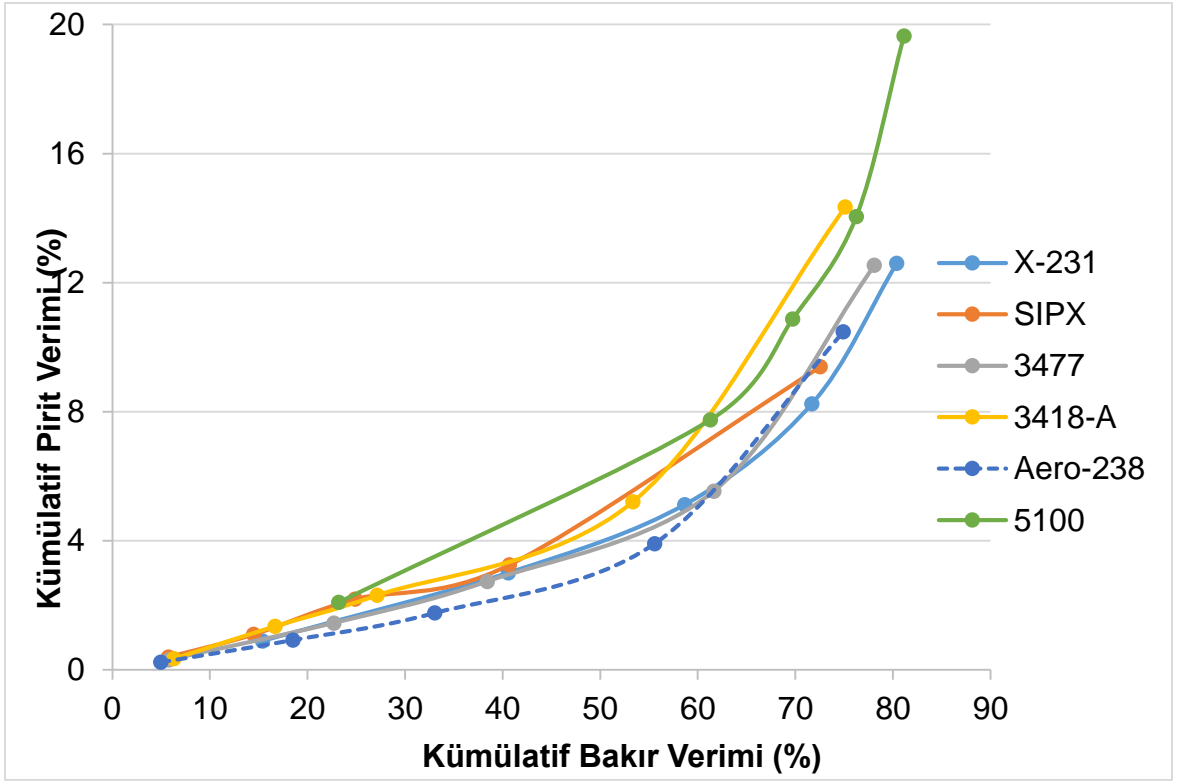
Şekil 4.5. Bakır Verim ve Tenörlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.5'te bakır veriminin bakır tenörüne göre değişimi karşılaştırılmıştır. SIPX türü ile yapılan testlerde kademeli olarak ksantat eklemesinin önce bakır tenörünü arttırdığı fakat daha sonra seçimliliği düşürdüğü gözlemlenmiştir. 5100 kodlu toplayıcıda ise verim yüksek olsa da tenör değerleri diğer reaktiflere oranla çok daha düşük kalmıştır bu da 5100 kodlu reaktifin bakır için seçimli bir toplayıcı olmadığını bakırla birlikte diğer mineralleri de yüzdürdüğünü göstermektedir. 3418-A kodlu toplayıcıda ise bakır tenörü yüksek olurken verim değeri diğer reaktiflere göre düşük kalmıştır. X-231 kodlu toplayıcının değerleri incelendiğinde, tenör değerlerinin A238 ve 3477'ye oranla daha düşük kaldığı görülmüştür. Aero-238 ve 3477 kodlu toplayıcılar en seçimli toplayıcılardır, hem verim değerleri açısından yüksek hem de bakır tenörleri açısından en yüksek değerlerin elde edildiği reaktiflerdir.

Tüm toplayıcılar karşılaştırıldığında ise en iyi verim-tenör değerlerine sahip toplayıcının Aero-238 kodlu toplayıcı, ondan sonraki en iyi değere sahip toplayıcının ise 3477 kodlu toplayıcı olduğu görülmüştür.



Şekil 4.6. Bakır ve Çinko Verimlerinin Karşılaştırılması



Şekil 4.7. Bakır ve Pirit Verimlerinin Karşılaştırılması

Şekil 4.6 ve Şekil 4.7 incelendiğinde, bakır verimine karşı alınan çinko ve pirit verimleri karşılaştırılmıştır. X-231 ve 5100 toplayıcılarının değerlerine bakıldığında, bakır verimi ile aynı hızda çinko veriminin de arttığı görülmüştür. Diğer toplayıcıların verileri incelendiğinde, bakır veriminin hızlı bir şekilde artıp, çinko veriminin daha yavaş bir şekilde artışı en iyi Aero-238 kodlu toplayıcıda elde edilmiştir. Bunun ardından en iyi veriler sırası ile SIPX, 3418-A ve 3477 kodlu toplayıcılar ile elde edilmiştir.

Şekil 4.7'de 5100 kodlu toplayıcının verilerine bakıldığında, bakır verimi ile birlikte hızlı bir şekilde pirit veriminin de arttığı görülmüştür. Artış miktarı daha az olsa da benzer davranış 3818-A kodlu toplayıcıda da görülmüştür. Bu karşılaştırmada, en az pirit verimi SIPX ile elde edilmiştir. Ondan sonra en iyi sonuç aero-238 kodlu toplayıcı ile elde edilmiştir. X-231 ve 3477 kodlu toplayıcılar ile benzer veriler elde edilmiştir.

Özetle; 5100 kodlu toplayıcının su verimi-katı kazanımı grafiği malzemelerin bu reaktif kullanıldığında su ile değil gerçek flotasyon ile toplandığı görülmüştür fakat pirit, çinko ve bakır verimlerine bakıldığında, pirit ve çinko veriminin de yüksek olması seçimliliğin az olduğu ve bu nedenle konsantreye istenmeyen cevher ve metallerin de toplandığı belirlenmiştir. 3418-A kodlu toplayıcı da ise benzer sonuçlar elde edilmiş olup, seçimliliğin 5100 kodlu toplayıcıya göre daha fazla olduğu ancak verimin düşük kaldığı görülmüştür.

Numunelerin alındığı tesiste kullanılan toplayıcı olan X-231'in verileri incelendiğinde bakır ile birlikte çinko ve pirit verimini de arttırdığı bu yüzden seçimliliğin A238 ve 3477 ye kıyasla daha az olduğu görülmektedir.

Verim ve tenör grafikleri incelendiğinde en iyi sonuçların Aero-238 ve 3477 kodlu toplayıcılar ile elde edildiği görülmüştür. Bu durumda en iyi seçimliliğin yine bu iki toplayıcıda olduğu belirlenmiştir. Su verilerinin bulunduğu çizelgeye bakıldığında ise bu toplayıcıların benzer davranış gösterdiği ve su ile taşınan malzeme miktarı ile katı kazanımı miktarının neredeyse eşit ve dengeli olduğu görülmüştür.

Yukarıdaki grafikler ve yorumlar doğrultusunda karışım deneyleri tasarlanırken, seçimliliğin en iyi, verim ve tenörlerin en yüksek olduğu iki toplayıcı olan 3477 ve Aero-238 kodlu toplayıcılar ile karışım deneylerinin yapılmasına karar verilmiştir. Bunun yanı sıra, verimin daha çok artırılmasına katkı sağlayacağı düşünüldüğü için SIPX de bu iki toplayıcı ile karışım deney tasarımına dahil edilmiştir.

Karışım deneylerinin tasarımı bu üç toplayıcı, SIPX, Aero-238 ve 3477 kullanılarak yapılmıştır. Optimum karışım dozajının belirlenebilmesi için deneysel tasarımı Design Expert programı ile yapılmıştır. Tasarımda karışım dozajının optimizasyonu için minimum ve maksimum değerler sırasıyla 0 ve 100 ppm olarak alınmıştır.

Design Expert programına bu toplayıcılar ile ilgili tüm veriler girildikten sonra program aşağıdaki Çizelge 4.1'de verilen tasarımı sunmuştur. Bu tasarım doğrultusunda toplayıcı karışım testleri yapılmıştır. Tasarım standart sapmanın belirlenebilmesi için rastgele seçilen tekrarlı deneyleri de içermektedir. Örneğin 12. ve 13. testler birbirinin tekrarı olup program tarafından belirlenmiştir. Tasarımda D-Optimal Design kullanılmıştır, D-Optimal ile hem ikiden fazla parametre söz konusu olduğunda optimum koşulların 3 veya daha çok düzeyde belirlenmesi, hem de daha sonrasında bu parametrelerin matematiksel modellerinin belirlenmesi ve daha az sayıda test ile tasarım yapılabilmesi mümkündür.

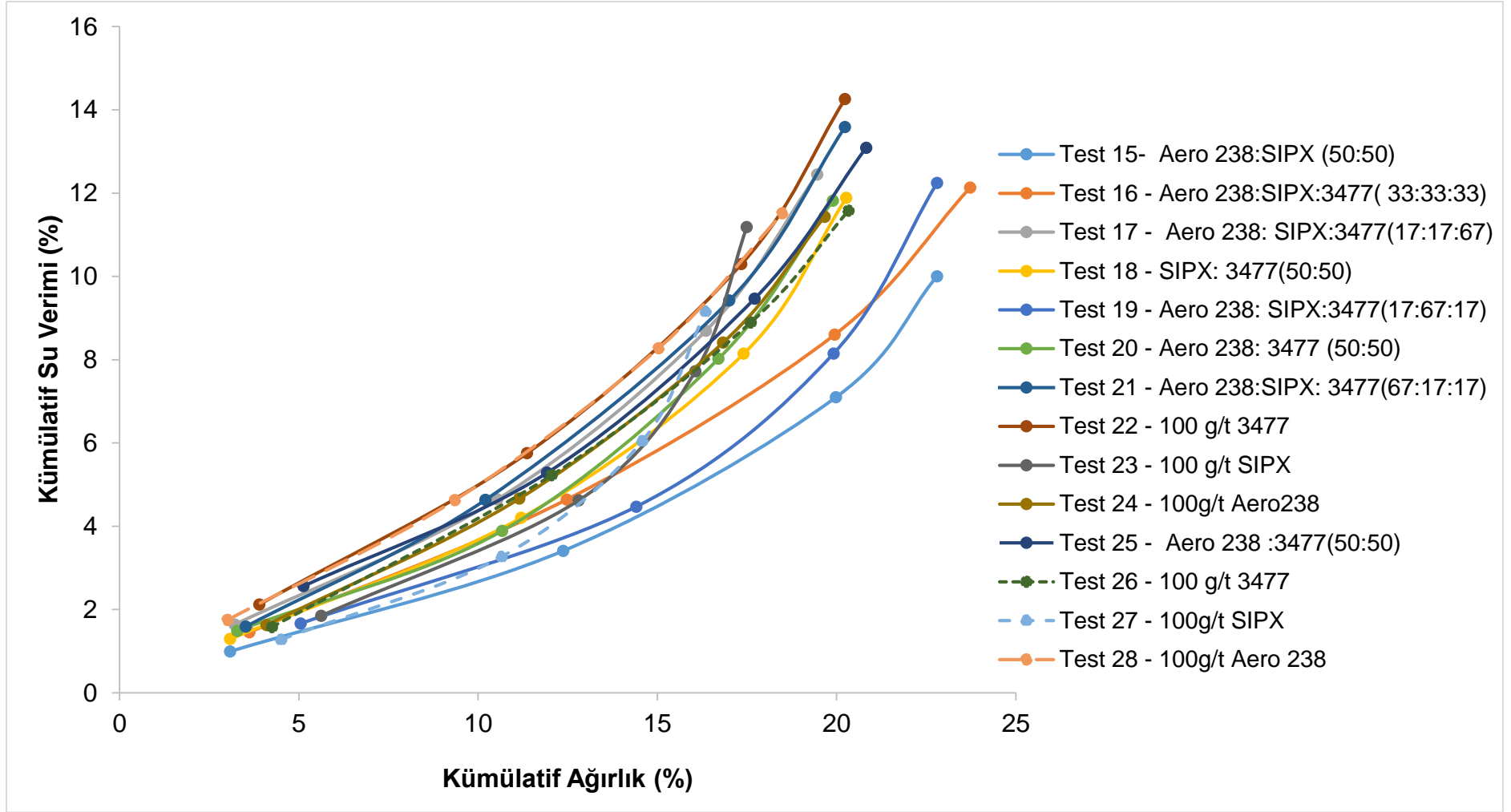
Çizelge 4.1. Toplayıcı Karışımları Deney Tasarımı

Test Sırası	Toplayıcı Dozajı (g/t)		
	Aero-238	SIPX	3477
1	50	50	0
2	0	0	100
3	33.33	33.33	33.33
4	0	100	0
5	0	100	0
6	16.67	16.67	66.67
7	0	50	50
8	0	0	100
9	100	0	0
10	100	0	0
11	16.67	66.67	16.67
12	50	0	50
13	50	0	50
14	66.67	16.67	16.67

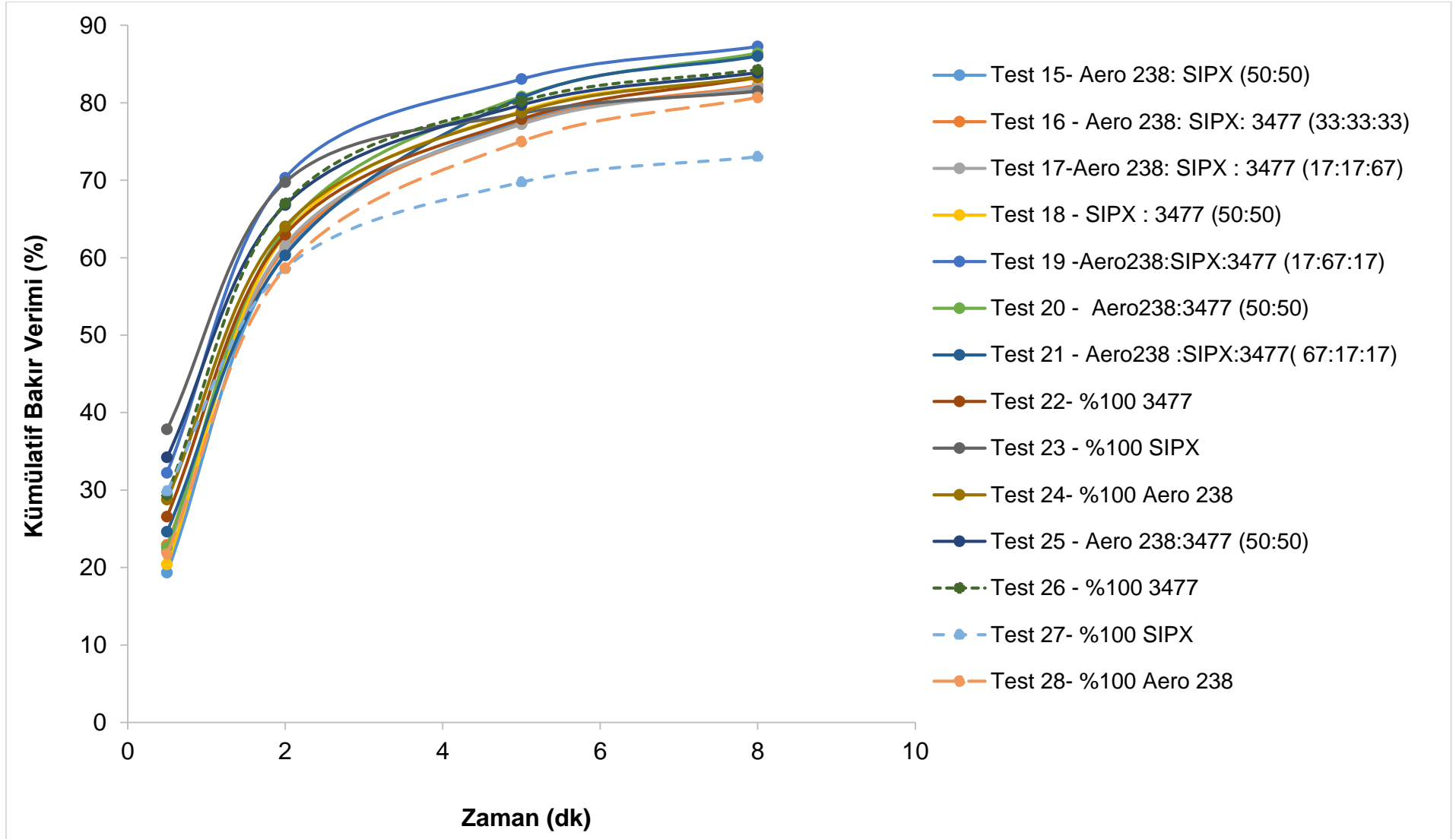
4.2. Toplayıcı Karışımları ile Yapılan Test Sonuçları

Design Expert programının yaptığı tasarıma uygun şekilde ve sayıda toplayıcı karışımları testleri yapılmıştır. Bu testlerin sonuçları EK 31 'de verilmiştir. Farklı toplayıcı türleri ile yapılan testlerin sonucunda olduğu gibi bu testlerin sonuçları için de pirit hesapları yapılmıştır. Pirit hesaplarının yapıldığı veriler EK 32'de verilmiştir. Testlere ait su verimlerinin hesaplandığı veriler EK 33'te verilmiştir. Elde edilen verim ve tenör değerlerinin karşılaştırılması için aşağıdaki grafikler çizilmiştir. Ayrıca SPSS programı kullanılarak doğrusal olmayan regresyonla bakır ve piritin flotasyon hız sabitleri de hesaplanmıştır.

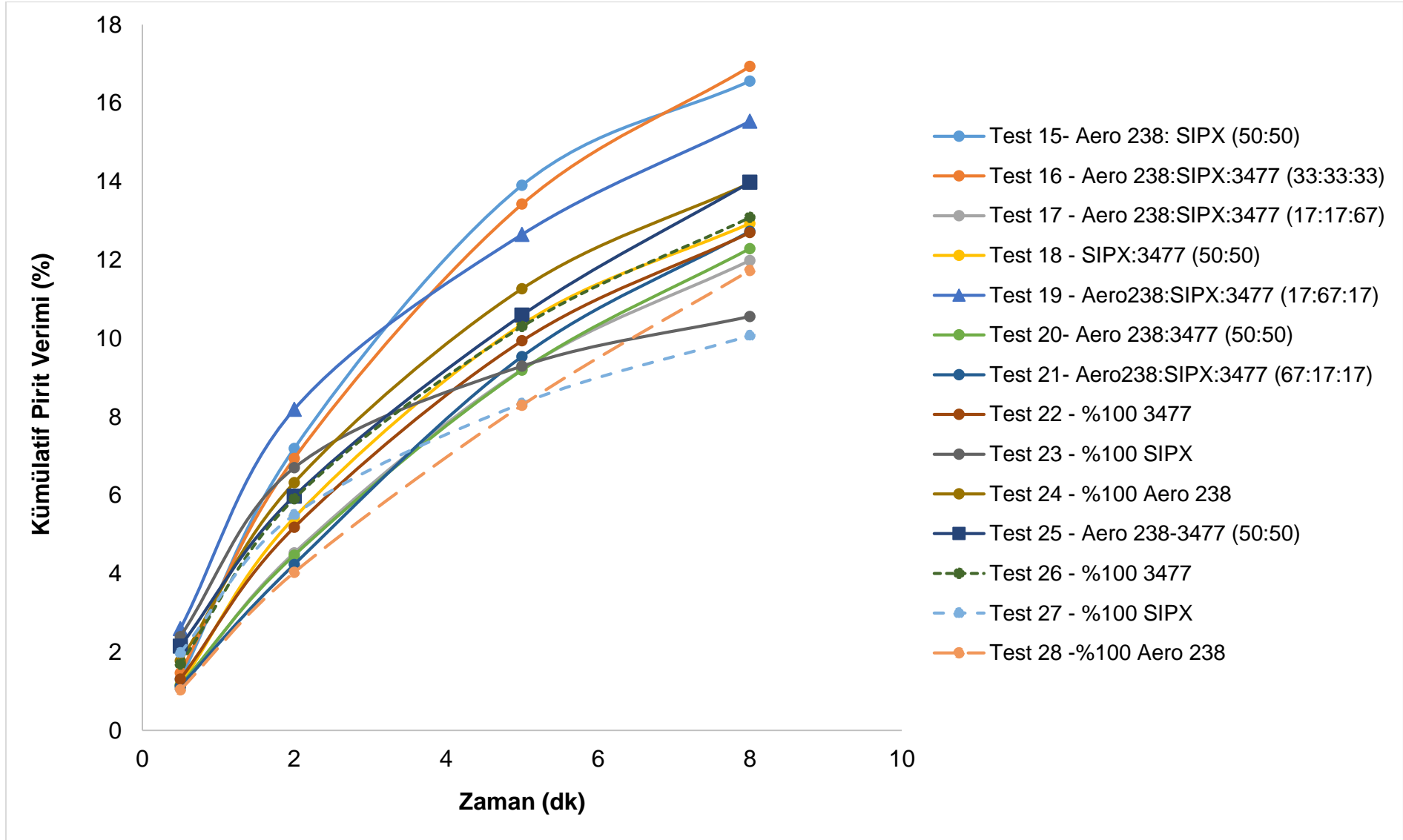
Yapılan tüm testlere ait su verimi katı kazanımı grafiği Şekil 4.8'de verilmiştir. Bakır veriminin değerlerini incelemek için çizilen grafik Şekil 4.9'da verilmiştir. Pirit verimine ait verilerin zamana karşı değişimini incelemek için çizilen grafik Şekil 4.10'da verilmiştir. Bakır flotasyonu için seçimlilik eğrileri Şekil 4.11'de ve Şekil 4.12'de verilmiştir.



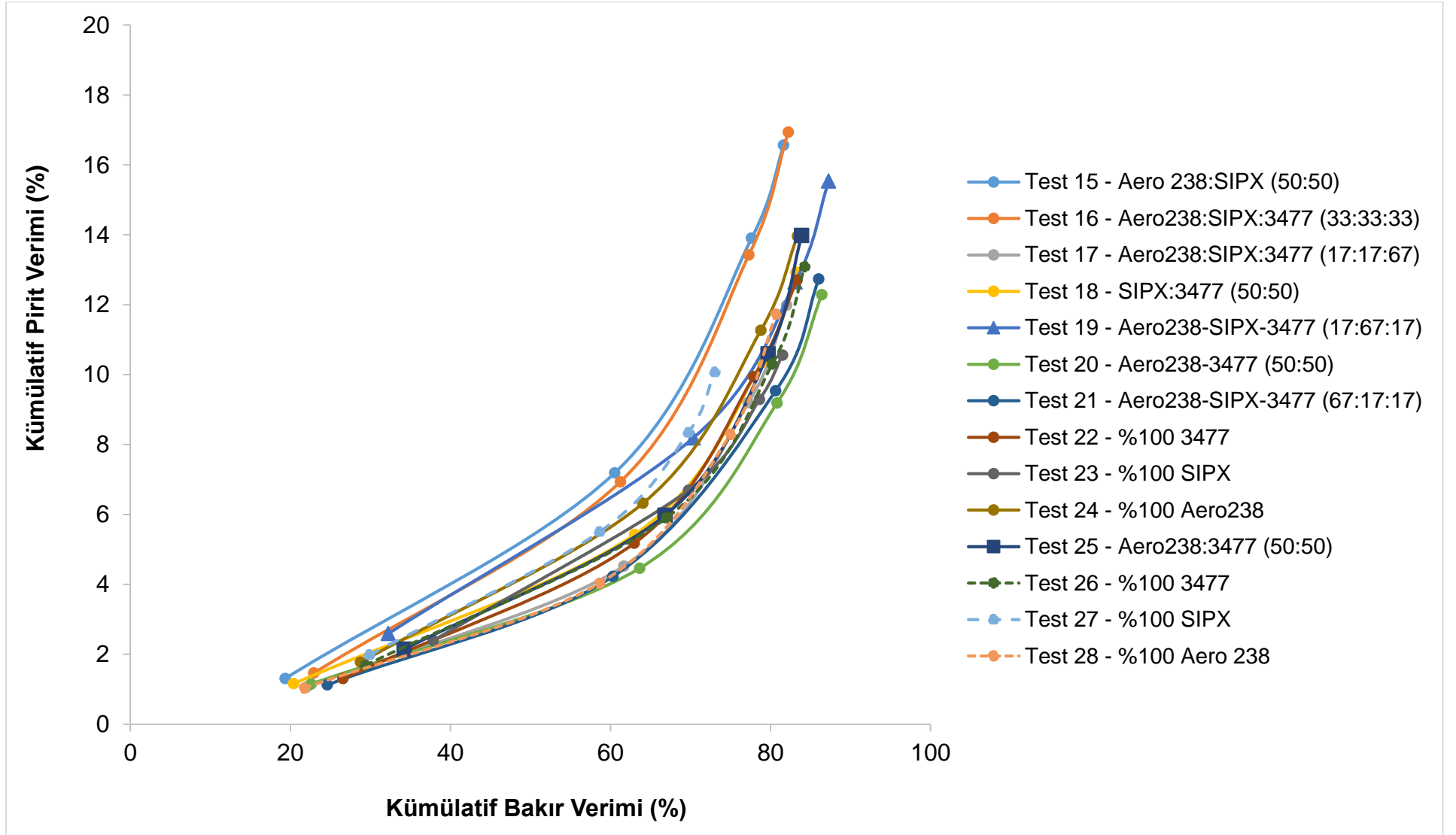
Şekil 4.8. Su Verimlerinin Karşılaştırılması



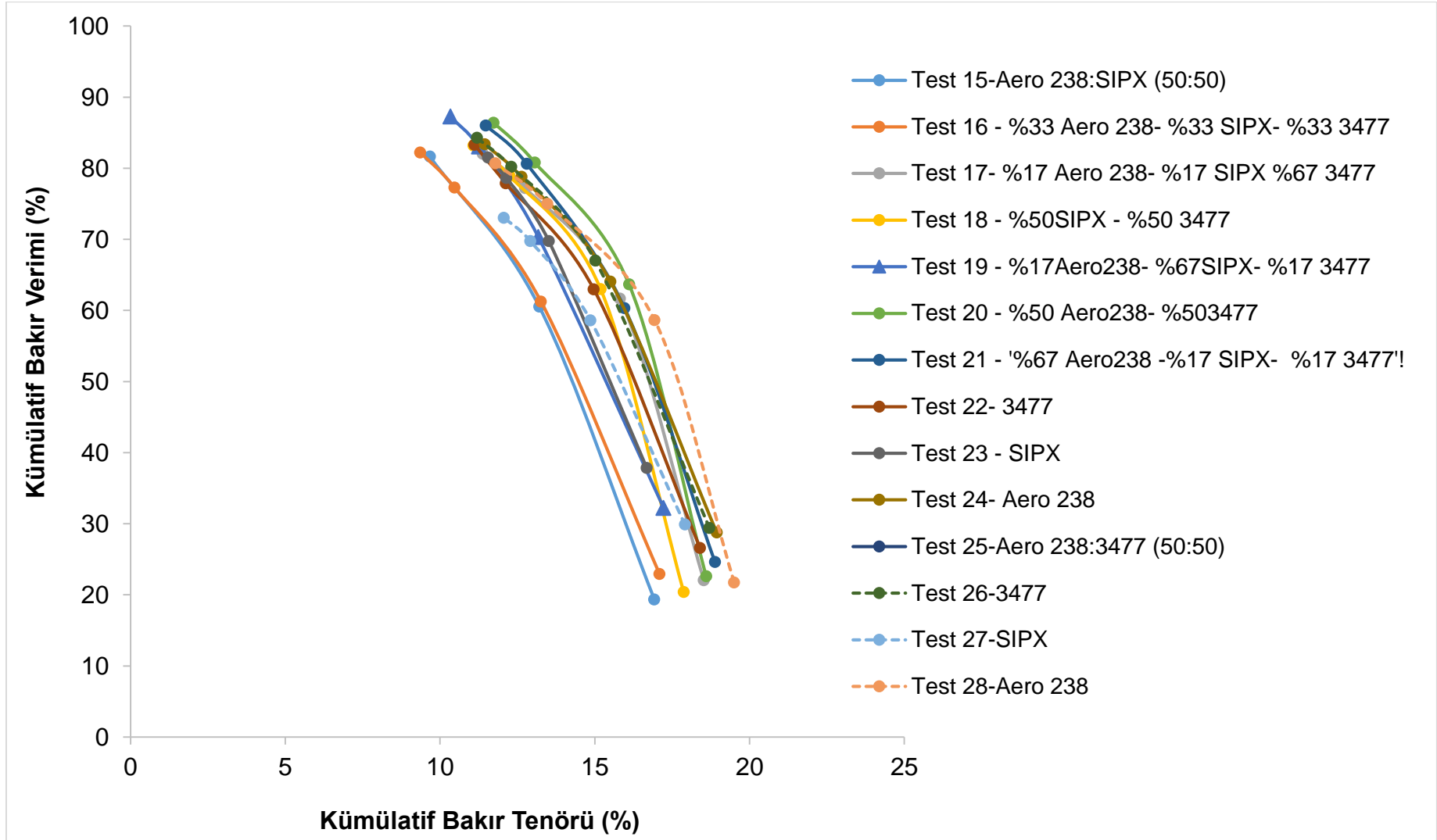
Şekil 4.9. Bakır Verimlerinin Karşılaştırılması



Şekil 4.10. Pirit Verimlerinin Karşılaştırılması



Şekil 4.11. Bakır Verimi ile Pirit Verimlerinin Karşılaştırılması



Şekil 4.12. Bakır Verim ve Tenör Değerlerinin Karşılaştırılması

Şekil 4.8'de yer alan su verimlerinin karşılaştırıldığı tablo incelendiğinde, su ile taşınan malzeme miktarının en fazla test 22'de, yani 100g/t dozajında 3477 kodlu ditiyofosfat türü toplayıcının kullanıldığı testte elde edildiği görülmüştür. En yüksek katı kazanımının en düşük su verimi ile elde edildiği test 50 g/t Aero 238 ve 50g/t SIPX karışımının kullanıldığı testtir. Test 19 ve test 23'ün verilerine bakıldığında ise, hem katı kazanımı hem de su verimleri yüksektir. Test 19'da üç toplayıcının karışımı kullanılmış olup SIPX dozajı 67g/t ve diğer toplayıcıların dozajları 17g/t'dur. Test 23'te ise 100 g/t dozajında SIPX kullanılmıştır.

Şekil 4.9 incelendiğinde, en yüksek bakır veriminin üç toplayıcının da kullanıldığı test 19 ile elde edildiği görülmüştür. Bu testten sonraki en yüksek bakır verimi yine her üç toplayıcı karışımının kullanıldığı fakat Aero 238 kodlu toplayıcının 67 g/t dozajında ve diğer toplayıcıların 17 g/t dozajında kullanıldığı karışım testi ile elde edilmiştir. En düşük verimin ise 100 g/t dozajında SIPX kullanılan testte elde edildiği görülmüştür. En yüksek verimin elde edildiği üç teste bakıldığında diğer testler arasında önemli bir fark olduğu görülmektedir. Bu durumda Aero 238 kodlu ditiyofosfat toplayıcısının verimi önemli miktarda artırdığı söylenebilir.

Şekil 4.10'da yer alan pirit verimine ait grafik incelendiğinde, en yüksek pirit verimi test 15 ve 16'da elde edilmiştir. Test 15, 50g/t dozajında Aero 238 ve 50g/t dozajında SIPX kullanılarak uygulanmıştır. Test 16 ise üç toplayıcıdan da eşit dozajlarda (33g/t) kullanılarak yapılmıştır. En düşük pirit verimi ise 100g/t dozajında SIPX türü toplayıcı kullanılarak uygulanan test 27'de elde edilmiştir.

Şekil 4.11'de bakır verimine karşı pirit verimi değerleri karşılaştırılmıştır. Grafik incelendiğinde, bakır verimi artışının yanı sıra en yüksek pirit veriminin elde edildiği testler 15 ve 16'ncı testlerdir. Test 15, 50g/t dozajında Aero 238 ve 50g/t dozajında SIPX kullanılarak uygulanmıştır. Test 16 ise üç toplayıcıdan da eşit dozajlarda (33g/t) kullanılarak yapılmıştır. Bakır veriminin artması ile pirit veriminin düşük olduğu veriler ise test 20 ile elde edilmiş olup, bu testte 50gt dozajında Aero 238 ve 50g/t dozajında 3477 kodlu ditiyofosfat türü toplayıcılar kullanılmıştır.

Şekil 4.12'de ise karışım testlerindeki bakır verimi ve tenörü değerleri karşılaştırılmıştır. Bu durumda en iyi verim tenör verilerine sahip test 20'inci test olup, bu testte 50g/t oranında Aero 238 ve 50 g/t oranında 3477 kodlu toplayıcı karışımı kullanılmıştır.

Tüm grafik ve veriler incelendiğinde toplayıcı karışımları ile yapılan testler sonucunda optimum verilerin 50g/t oranında Aero 238 ve 50 g/t oranında 3477 kodlu, ditiyofosfat türü toplayıcılar ile elde edildiği görülmüştür.

4.3. Design Expert Programı ile Optimum Toplayıcı Karışım Dozajının Belirlenmesi

Toplayıcı karışımları ile elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilip optimum karışım oranı ve optimum çözümün bulunması için veriler Design Expert programı ile analiz edilmiştir. Bu nedenle, yine program tarafından tasarlanan karışım testlerinin sonuçları program ile analiz edilmiştir. Programa girilen veriler Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çalışılan tüm parametreler ve bunların modeller üzerindeki etkisi program tarafından yapılan anova (f testi, varyans analizi) sonuçlarına göre değerlendirilmiştir. F-testi sonucunda elde edilen p (anamlılık değeri) ve f değerleri karşılaştırılmış ve bu değerler Ek. 35-39'te sunulmuştur. Buna göre %95 güven aralığında yapılan f testi sonuçlarına göre p değerlerinin 0.05'ten küçük olduğu durumlar için model parametreleri anlamlı diğer koşullar içinse anlamsız kabul edilmiştir. Program tarafından önerilen en yüksek korelasyon katsayısı R^2 değeri baz alınarak yapılan modelleme çalışmaları sonunda, ikinci dereceden (quadratic) model kullanılarak bakır verimi, bakır tenörü, pirit verimi, pirit tenörü, kCu ve kPy değerlerinin matematiksel eşitlikleri oluşturulmuştur. Matematiksel eşitlikler, detaylı Anova analizleri program tarafından oluşturulan alternatif çözümler EK 35-39'da verilmiştir.

Matematiksel ilişkilerin belirlenmesiyle birlikte amaçlanan flotasyon hedefine uygun karışım türü ve dozajının belirlenmesi mümkün olmuştur. Program tarafından belirlenen sonuç için bakır verimi, tenörü ve flotasyon hız sabitinin maksimum, pirit verimi ve tenörünün minimum olduğu koşul belirlenmiştir. Buna göre program tarafından iki alternatif sonuç sunulmuştur. Sonuçlar Çizelge 4.2'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.2. Design Expert Programında Elde Edilen Alternatif Sonuçlar

Sayı	Aero 238	SIPX	3477	Bakır Verimi	Bakır Tenörü	Pirit Verimi	Pirit Tenörü
1	0	100	0	77,4	11,8	10,2	43,6
2	37,35	0	62,65	80,6	11,4	11,9	45,8

Buna göre belirlenen ilk optimum çözüme göre tek başına kullanılabilir toplayıcı türü SIPX, karışım olarak sunulan 2. çözümde ise Aero 238: 3477 karışımı uygun toplayıcı karışımı olup karışım oranı 40:60 olarak alınmıştır. Bu sonuçlar kaba flotasyon verileri baz alınarak yapılmıştır. Konsantre kalitesinin belirlenebilmesi ve maliyet hesaplaması yapılabilmesi amacıyla bundan sonraki aşamada program tarafından belirlenen bu iki koşulda ve tesiste kullanılan baz koşulda 3 adet açık devre temizlemeli flotasyon testleri yapılarak bu koşullardaki tesis performansı kestirilmeye çalışılmıştır.

Çizelge 4.3. Programa Girilen Karışım Testleri Verileri

Test No	Dozaj (g/t)			Bakır		Pirit		kCu	kPy
	Aero 238	SIPX	3477	Verim %	Tenör (%)	Verim (%)	Tenör (%)		
1	50	50	0	81,64	9,67	16,56	52,91	0,624	0,218
2	0	0	100	83,30	11,11	12,70	45,71	0,748	0,187
3	33.33	33.33	33.33	82,22	9,36	16,94	52	0,677	0,187
4	0	100	0	81,49	11,55	10,56	42,59	1,215	0,493
5	0	100	0	73,04	12,06	10,07	44,86	0,981	0,366
6	16.67	16.67	66.67	82,02	11,38	11,98	44,86	0,674	0,156
7	0	50	50	83,19	11,07	12,93	46,45	0,653	0,199
8	0	0	100	84,28	11,19	13,09	46,88	0,845	0,232
9	100	0	0	83,37	11,44	13,96	51,70	0,802	0,239
10	100	0	0	80,68	11,78	11,73	46,21	0,646	0,106
11	16.67	66.67	16.67	87,26	10,33	15,54	49,62	0,899	0,327
12	50	0	50	86,41	11,73	12,29	44,99	0,648	0,139
13	50	0	50	83,89	10,88	13,98	48,89	0,972	0,211
14	66.67	16.67	16.67	86,03	11,48	12,73	45,82	0,627	0,117

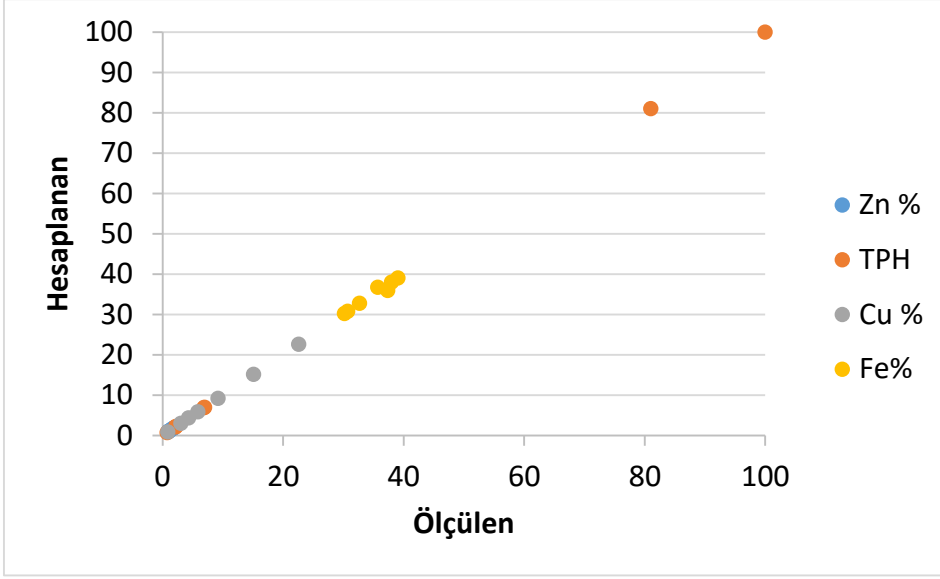
4.4. Optimum Koşullarda Yapılan Açık Devre Temizlemeli Flotasyon Testleri ve Kapalı Devre Simülasyonları

Açık devre temizlemeli flotasyon test koşulları detaylı olarak EK 27’de verilmiştir. Koşullar Design Expert sonuçlarına göre belirlenmiştir. Buna göre 2 alternatif sonuç üzerinde çalışılmıştır. İlk devre tesis koşulunu simüle etme amacıyla yapılmış olup tesiste kullanılan reaktifler ve karışım oranları aynen uygulanmıştır. X231: KAX (95:5) karışımı ile yapılan temizlemeli flotasyon test sonucu elde edilen akım şeması Şekil 4.16’da verilmiştir. Ayrıca geri dönen akışlarının etkisinin belirlenebilmesi açısından devrenin kendi içindeki verimleri baz alınarak kapalı devre simülasyonları da yapılmıştır. Simülasyon sonucu Şekil 4.17’de verilmiştir.

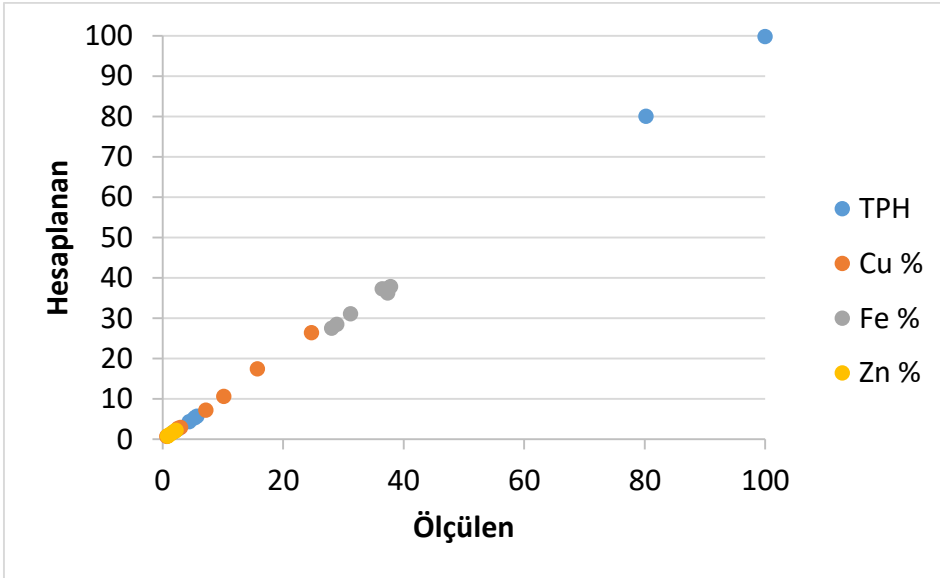
Temizlemeli açık devre flotasyon akım şeması A238:3477 (40:60) karışım oranı için Şekil 4.18 ve kapalı devre simülasyon sonuçları da Şekil 4.19’da verilmiştir.

Son olarak SIPX ile yapılan temizlemeli flotasyon sonuçları Şekil 4.20 ve kapalı devre simülasyon sonucu Şekil 4.21’de verilmiştir.

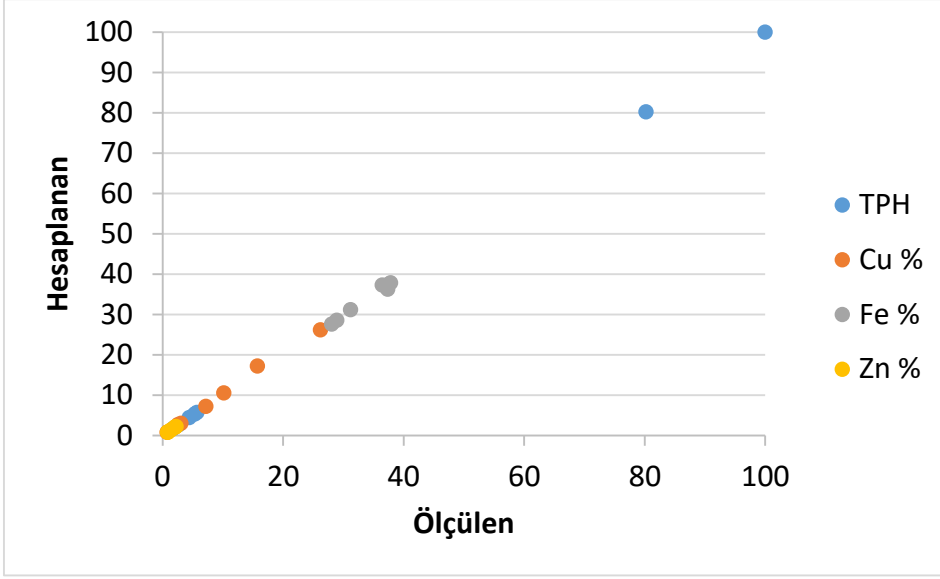
Açık devre flotasyon verilerinin hepsinin madde denklikleri JK SimFloat programı yardımıyla yapılmıştır ve yine aynı program yardımıyla madde denkliği yapılan veriler kullanılarak kapalı devre simülasyon çalışmaları yapılmıştır. Simülasyon çalışmaları her bir devrenin kendi içindeki verimleri baz alınarak mineral verimleri üzerinden yapılmıştır. Sülfürlü mineral olarak kalkopirit ve pirit, gang minerali olarak kuvars baz alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Madde denkliği yapılan veriler için ölçülen hesaplanan verilerin karşılaştırılması Şekil 4.13, Şekil 4.14 ve Şekil 4.15’te verilmiştir. Bu verilerin yer aldığı tablo EK40’ta yer almaktadır. Ayrıca, tesisten numunelerin alındığı güne ait verim ve tenör değerlerinin gösterildiği tablo EK41’de verilmiştir.



Şekil 4.13. X231:KAX karışımı (baz koşulları) için ölçülen hesaplanan verilerin karşılaştırılması

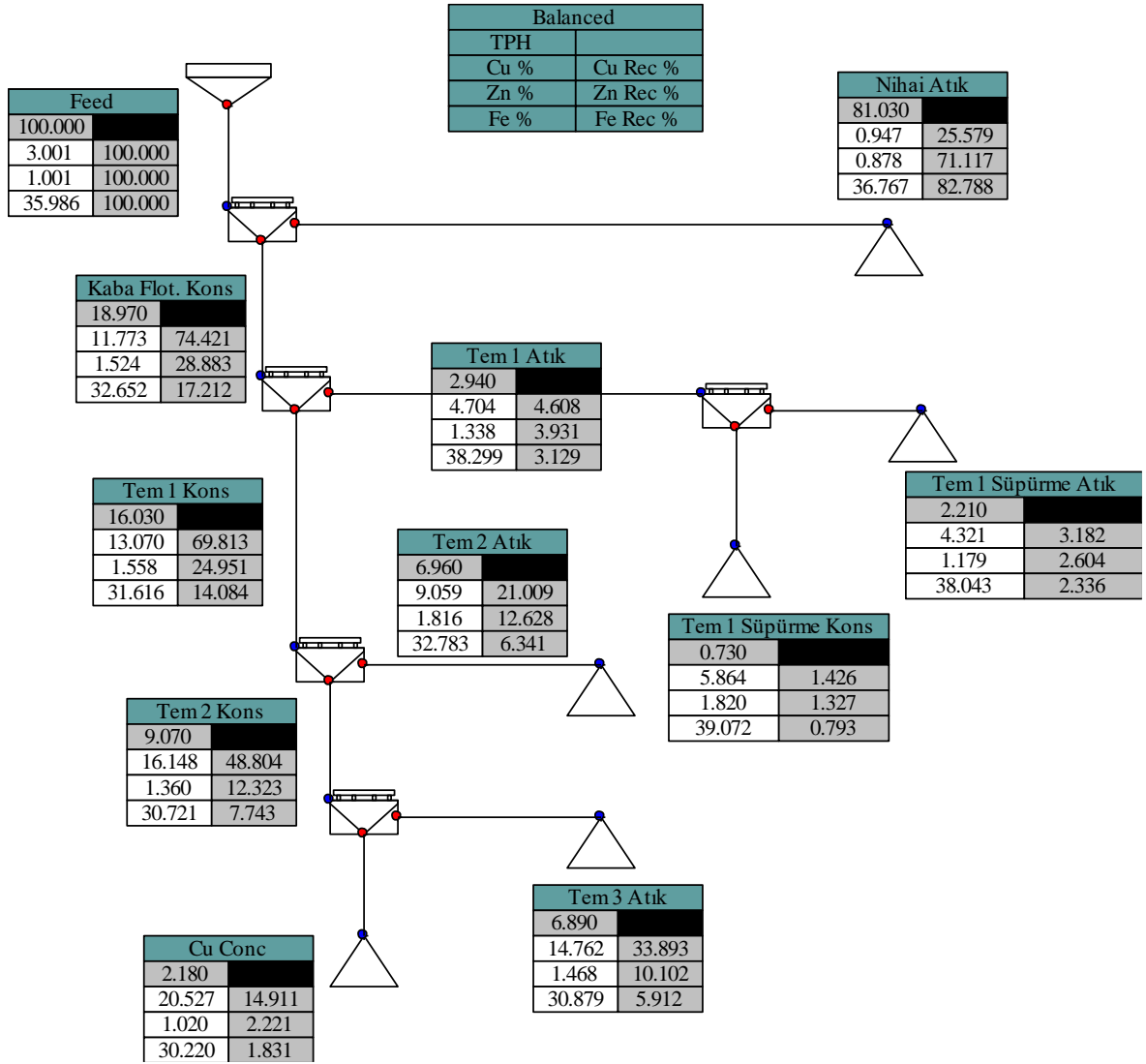


Şekil 4.14. A238:3477 karışımı için ölçülen hesaplanan verilerin karşılaştırılması

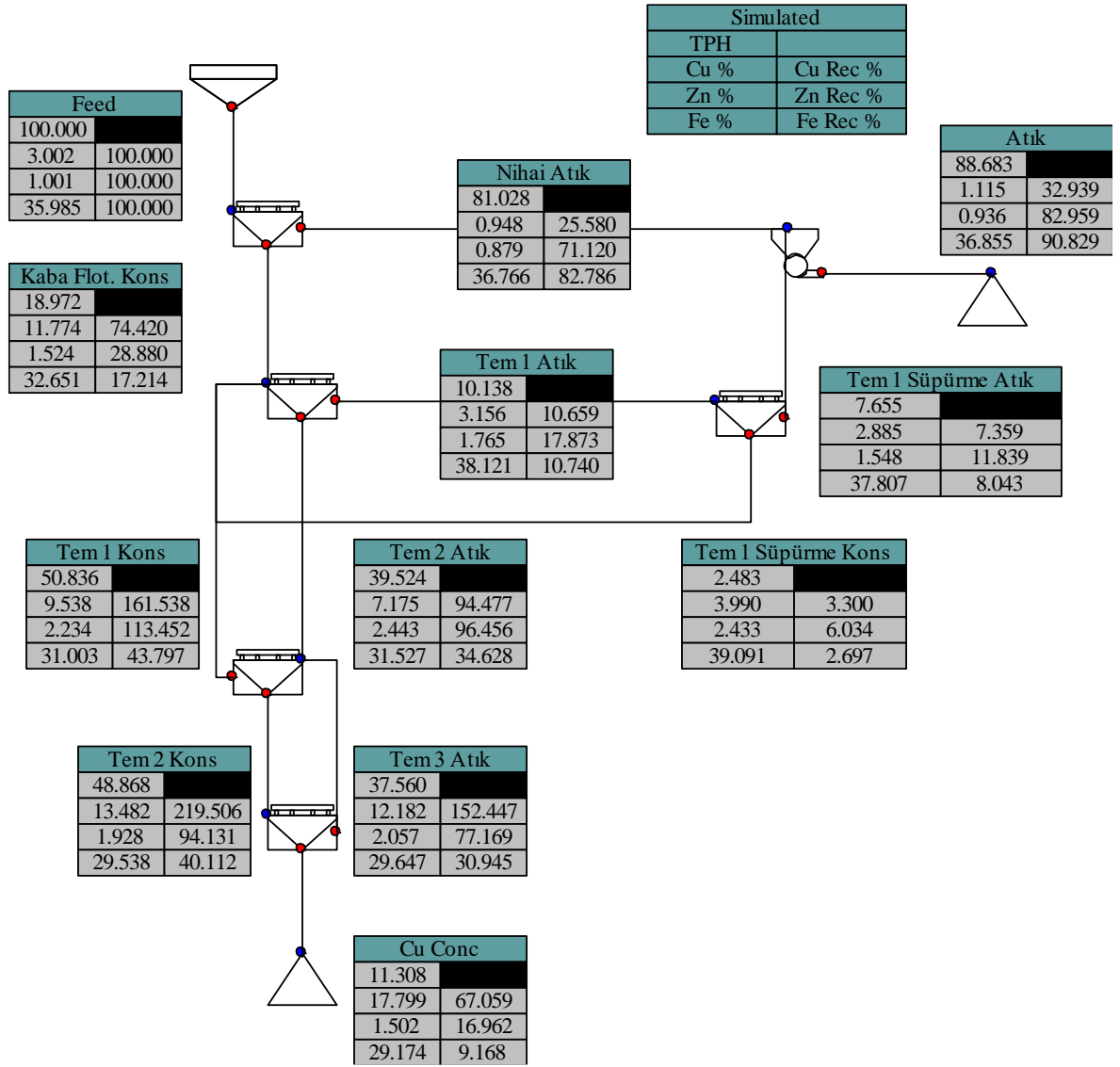


Şekil 4.15. SIPX ile yapılan test için ölçülen hesaplanan verilerin karşılaştırılması

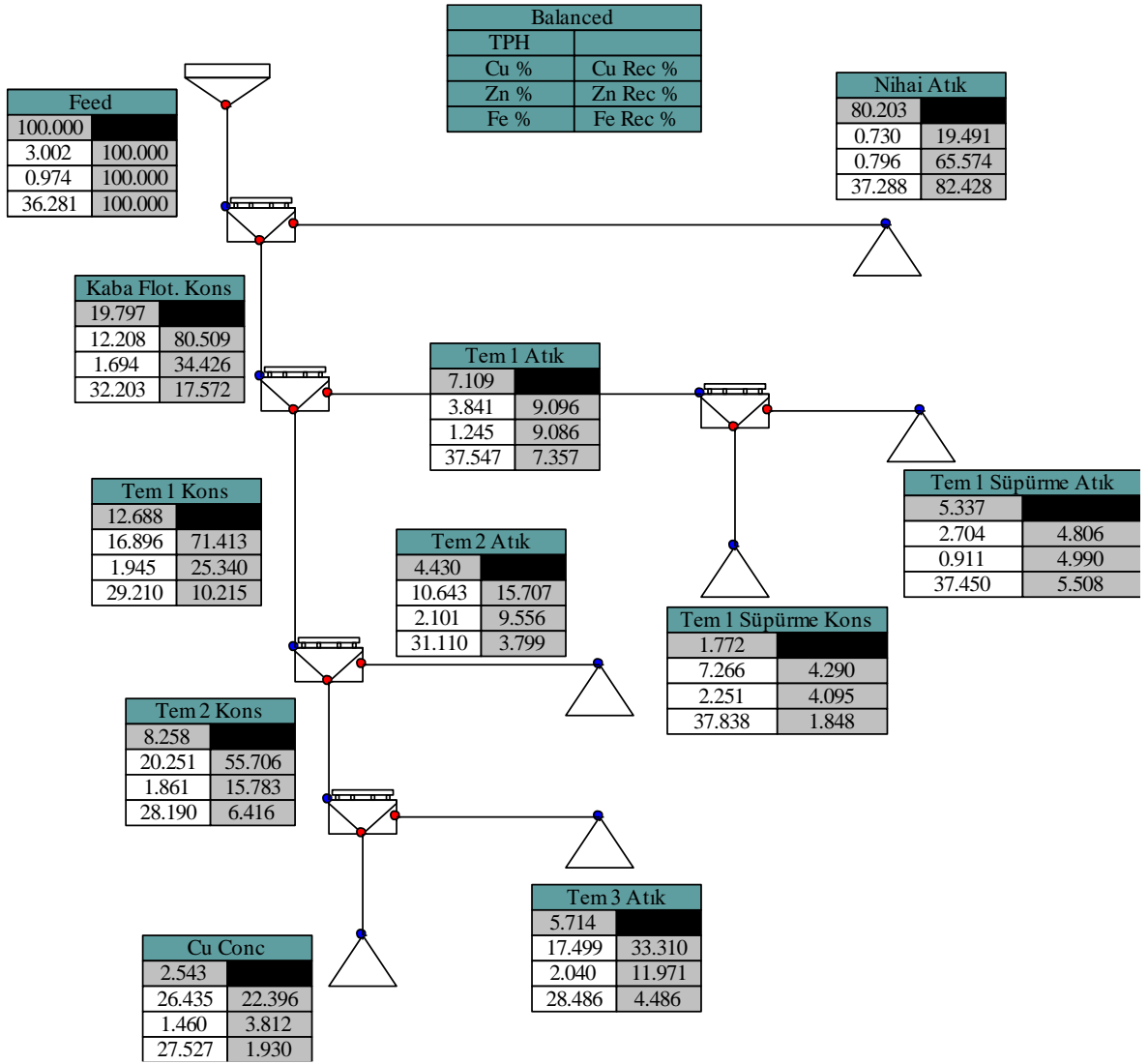
Şekil 4.13, 4.14 ve 4.15 incelendiğinde, hesaplanan ve ölçülen veriler arasındaki ilişkinin oldukça uyumlu olduğu görülmüştür.



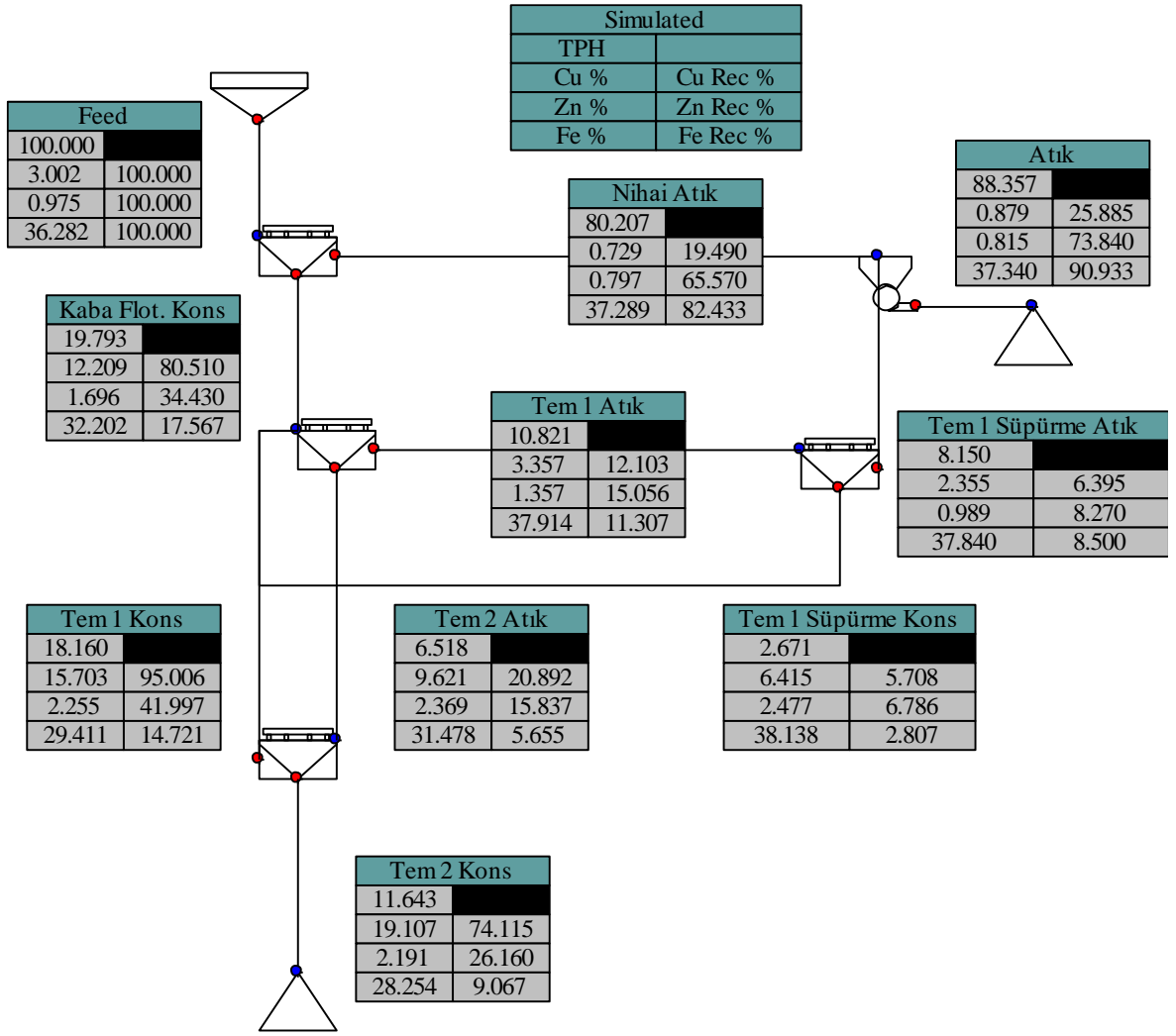
Şekil 4.16. X231:KAX karışımı için açık devre temizlemeli flotasyon akım şeması



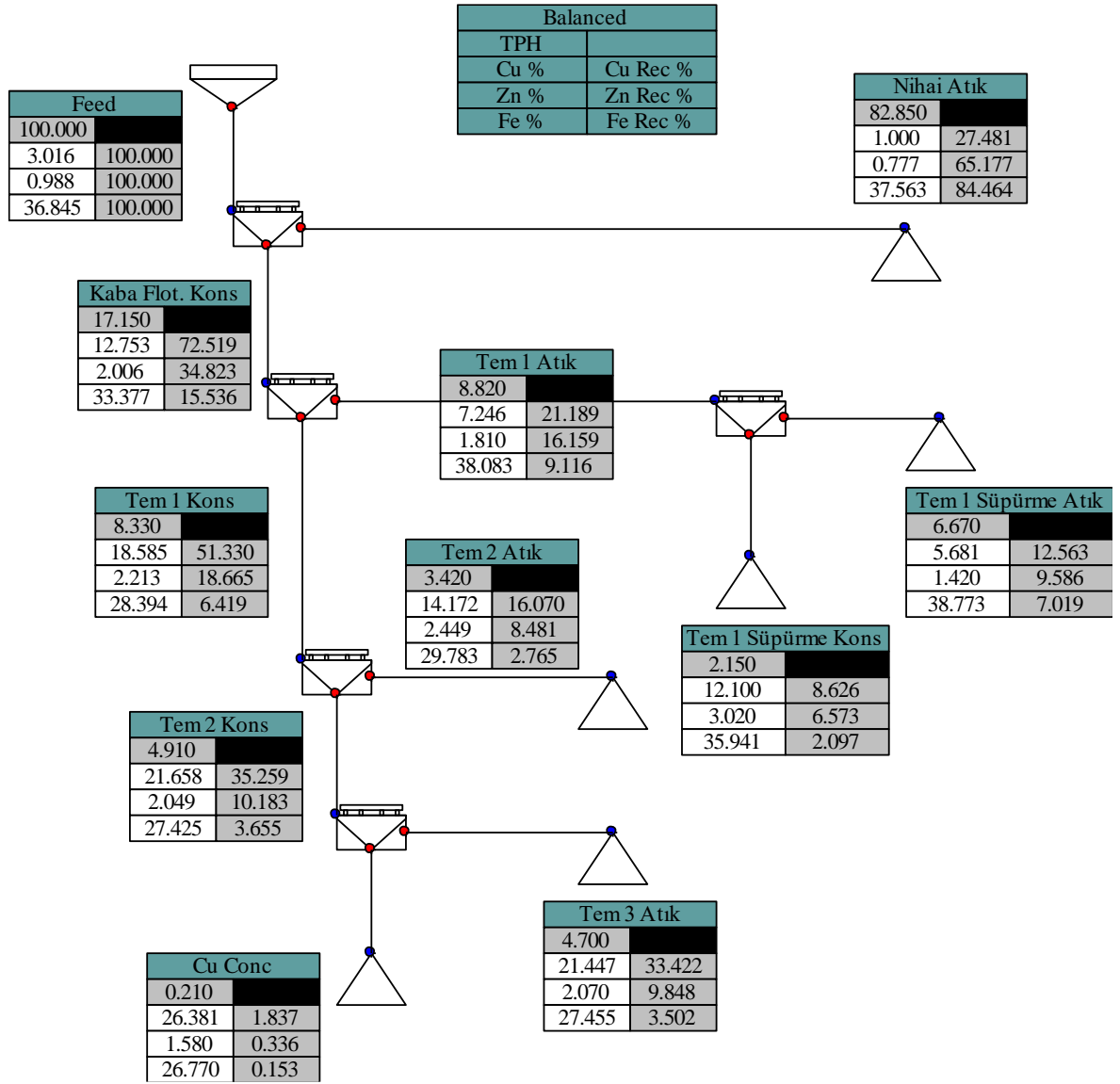
Şekil 4.17. X231:KAX kapalı devre simülasyon sonucu



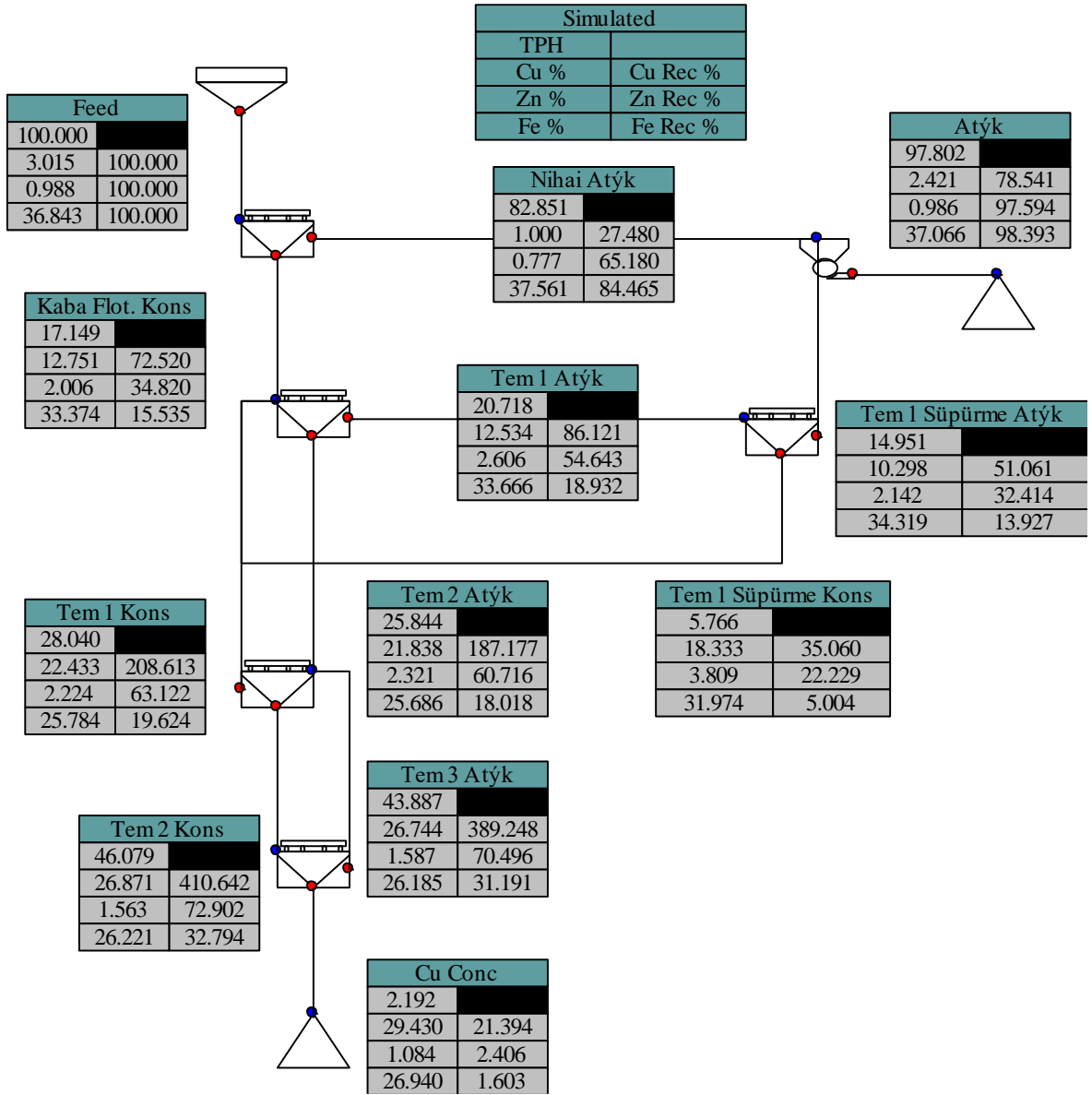
Şekil 4.18. A238:3477 karışımı için açık devre temizlemeli flotasyon akım şeması



Şekil 4.19. A238: 3477 karışımı için kapalı devre simülasyon sonucu



Şekil 4.20. SIPX için açık devre temizlemeli flotasyon akım şeması



Şekil 4.21. SIPX için kapalı devre simülasyon sonucu

Sonuçlar X231:KAX karışımı olan baz koşul ile kıyaslandığında A238:3477 karışımı ile üç kademe temizleme flotasyonu sonunda çok daha yüksek verim ve tenörlü bir bakır konsantresinin elde edilebileceğini söylemek mümkündür. Baz koşul ile bu koşulda elde edilen bakır kaba flotasyon konsantreleri kıyaslandığında hem verimde hem de tenörde %6'lık bir artış olduğu görülmüştür. SIPX kullanılan alternatifte bakacak olursak, özellikle temizlemelerde bu toplayıcının yetersiz kaldığı ve çalışılan koşullar içinde en yüksek bakır tenörünün en düşük verimle elde edildiği koşul olduğu görülmüştür.

4.5. Ekonomik Anlamda Optimum Sonuçların Değerlendirilmesi

Elde edilen optimum toplayıcı türünün/karışımının verim ve tenör yani flotasyon performansına etkileri bir önceki bölümde incelenmiştir. Reaktiflerin alternatif olup olamayacağını belirleyen bir diğer faktör reaktiflerin maliyetleridir. Her ne kadar tenörde artışa sebep olsa da maliyet açısından çok yüklü bir reaktifin alternatif olup olamayacağını belirleyen etmen bu durumda ekstra bakır satışından elde edilecek kar olacaktır.

Bu sebeple reaktiflerin fiyatı ve bakır konsantrelerinden elde edilecek kazanç aşağıda incelenmiştir (bakır konsantresinin güncel fiyatı 22.12.2017 tarihinde www.infomine.com adresinden alınmış olup bu değer 6.925 USD/ton'dur). Reaktiflerin maliyetleri sırasıyla; X231, KAX, A238 ve 3477 için kg başına 10.31 TL, 7 TL, 21.39 TL ve 15.54 TL (1 USD: 3.8 TL) olarak alınmıştır. A238 ve 3477 Cytec reaktifleri için fiyat bilgisi Cytec Solvay firması tarafından, X231 ve KAX için fiyat bilgisi de reaktifleri kullanan Küre tesisi mühendisleri tarafından edinilmiştir. Maliyet hesapları tesiste saatlik reaktif kullanımı ve saatlik bakır üretimi baz alınarak yapılmıştır.

Optimum toplayıcı karışımı (A238:3477) ile yapılan kapalı devre simülasyonu sonucunda, baz koşula göre %6'lık bir tenör artışı ve verim artışı söz konusudur. Üstelik bu değerler 2 kademe temizleme sonrasında elde edilen verilerdir. 100 tonluk beslemeye karşın elde edilen bakır konsantr tonajları karşılaştırıldığında ise iki koşulunda 11 ton civarında olduğu görülmüştür. Buna istinaden yapılan hesapların özeti Çizelge 4.4'te verilmiştir. Bakır tenöründeki artış ile elde edilen kazanımı gösteren veriler ise Çizelge 4.5'te gösterilmiştir.

Temizleme 1 Süpürme devresinde eklenen ekstra 5 g/t toplayıcı da hesaplamalarda göz önünde bulundurulmuştur.

Numunelerin alındığı tesis kapasitesi saatte 200-220 t/s ve elde edilen tenör değerleri %16-18 olduğu için, maliyet hesapları yapılırken bu veriler dikkate alınmıştır.

Çizelge 4.4. Optimum Koşul için Yapılan Maliyet Hesapları

	95 g/t X231	10 g/t KAX
200 t/h besleme için reaktif tüketimi	$200 \cdot 95 = 19 \text{ kg X231}$	$200 \cdot 10 = 2 \text{ kg KAX}$
Saatlik reaktif maliyeti (TL)	$19 \cdot 10.31 = 196 \text{ TL}$	$2 \cdot 7 = 14 \text{ TL}$
Toplam saatlik reaktif maliyeti	210 TL	
200 t/h besleme için reaktif tüketimi	40 g/t A 238	65 g/t 3477
Saatlik reaktif maliyeti (TL)	8 kg A 238	13 kg 3477
Toplam saatlik reaktif maliyeti	$8 \cdot 21.39 = 171$	$13 \cdot 15.54 = 202$
Toplam saatlik reaktif maliyeti	373 TL	

Çizelge 4.5. Optimum Koşul ile Elde Edilen Kazanım

X231:KAX karışımı ile elde edilen saatlik Cu Konsantre miktarı	$11.308 \cdot 0.178 \cdot 2 = 4.02 \text{ tph Cu}$
A238:3477 karışımı ile elde edilen saatlik Cu Konsantre miktarı	$11.643 \cdot 0.1911 \cdot 2 = 4.45 \text{ tph Cu}$
Saatte üretilen bakır konsantresindeki artış (ton)	0.43 ton Cu
1 ton Cu 6925 USD ise bakırdan elde edilecek saatlik kazanç	$2978 \text{ USD} \cdot 3.8 = 11 \text{ 315 TL}$

Yapılan hesaplar incelendiğinde, Aero 238:3477 toplayıcılarının 40:60 dozajlarında kullanımı ile reaktif maliyetinde saatlik 163 TL'ye yakın bir ekstra gider ortaya çıkmaktadır. Ancak konsantre kalitesindeki artış ile bakırdan elde edilen saatlik kar düşünüldüğünde bu ekstra maliyet göz ardı edilebilecek kadar küçük kalmaktadır. Bu durumda 40:60 karışım oranında Aero 238:3477 toplayıcı karışımının tesiste kullanılan koşula alternatif olabileceği ve bu karışımla daha yüksek verim ve tenörde daha kaliteli bir konsantre üretilebileceği görülmüştür.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Aero 238, X-231, SIPX, KAX, 3477, 3418-A, 5100 kodlarına sahip, ditiyofosfat, ksantat, ditiyofosfinat, tiyonokarbamat türü toplayıcılar kullanılarak testler yapılmıştır. Bu testlerin sonucunda en iyi verim ve tenör değerlerine sahip toplayıcıların Aero 238, 3477 ve SIPX olduğu görülmüştür.

Bu üç toplayıcı ile daha sonra Design Expert programı kullanılarak toplayıcı karışımı testleri tasarlanmış ve tasarıma uygun olarak karışım testleri yapılmıştır. Karışım testleri sonuçları programa tekrar girilerek, optimum toplayıcı karışımı ve dozajı için belirlenen alternatif sonuçlar arasından iki alternatif seçilmiştir. Bu alternatiflerden biri %100 SIPX'in kullanıldığı koşul, diğeri ise 40:60 oranında Aero 238:3477 toplayıcı karışımının kullanıldığı koşuldur.

Tez numunelerinin alındığı tesiste kullanılan koşul olan 95:5 oranında X231:KAX karışımı ile yapılan flotasyon testi sonucu baz koşul olarak belirlenmiştir. Bu testin sonuçları da değerlendirilip optimum koşullar ile karşılaştırılmıştır.

Her üç test için de konsantre kalitesinin belirlenebilmesi için temizlemeli flotasyon testleri ve kapalı devre sonuçlarının tahmin edilebilmesi için her bir hücrenin kendi içindeki flotasyon verimleri baz alınarak kapalı devre simülasyonları yapılmıştır.

Yapılan testler arasında en yüksek tenör sadece SIPX toplayıcısının kullanıldığı testte elde edilmiştir ancak verimler çok düşük kaldığı için bir alternatif olarak değerlendirilememiştir. Temizlemeli testler sonucunda hem tenör hem de verimde yaklaşık %6'lık bir artışın yakalandığı A238: 3477 karışımının ise yapılan maliyet hesaplamaları sonucunda tesiste kullanılan reaktiflere iyi bir alternatif olacağı açıktır. Bu koşulun tesiste denenmesinden önce yapılan kapalı devre simülasyon sonuçlarının kapalı devre flotasyon testleri ile doğrulanması gerekmektedir.

Ayrıca yapılan testlerde verimin düşük olduğu görülerek daha yüksek dozajlarda toplayıcı karışım testlerinin yapılması da önerilen çalışmalar arasındadır. Bunun yanı sıra kaba flotasyondan sonra süpürme flotasyonu aşaması uygulanarak verimin artırılabilceği düşünülmektedir. Bu koşullarda da test yapılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Arslan O, Bakır Sektör Profili, s:1, 2006
- [2] Cevherden Son Ürüne Bakır, O.Çağım Tuğ, Burak Yağmur, Mehmet Yıldırım Hallaç, Madencilik Türkiye Dergisi
- [3] Bakır, Wikipedia <https://tr.wikipedia.org/wiki/Bak%C4%B1r>, giriş tarihi: 18.02.2017.
- [4] Ünal H.İ, Tuncel S, Yücel M.B., Yoleri B, Arslan M, Türkiye ve Dünyada Bakır, s:1,22-23, 2016
- [5] http://www.fabreminerals.com/search_show.php?SECTION=RSSLV&CODE=AG16M8, erişim tarihi: 15.01.2018
- [6] Yıldız N, Cevher Hazırlama, s:312-313, 320-321, 2007
- [7] Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, s: 30-31, 2001
- [8] <https://tr.scribd.com/document/73828483/Solvent-Ekstraksiyonu-Ve-Bakir-Uretimi> erişim tarihi: 14.01.2018
- [9] Taştan E, Flotasyon Konsantrelerinde Su Kazanımı, Bitirme Projesi, s:1, 2004
- [10] <http://cevherhazirlama.com/belgeler/flotasyon.pdf>, erişim tarihi: 25.02.2017
- [11] Bulatovic S.M, Handbook of flotation reagent, s: 5-55, 2007
- [12] Bulut G., Göktepe F., madencilik ve cevher hazırlama işlemlerinde kullanılan kimyasallar, s: 43-45, 2012
- [13] Wills B.S., Munn T.N., Mineral Processing Technology, Seventh Edition, s: 270-278, 2006
- [14] B. McFadzean, D.G. Castelyn, C.T. O'Connor, The Effect Of Mixed Thiol Collectors On The Flotation Of Galena, 2012
- [15] Bradshaw D.J., Harris P.J. ve O'Connor C.T., Synergistic Interactions Between Reagents In Sulphide Flotation, 190-192, 1998
- [16] Cytec Mining Chemical Handbook, s:94-95,106, 2002
- [17] Ethem M.Y., Reaktifler Üzerine Temel Bilgiler, s:22

- [18] Sheridan M.S., Nagaraj D.R., Formasiero D., Ralston J, The use of a factorial experimental design to study collector properties of N-Allyl-O Alkyl thionocarbamate collector in flotation of copper ore, s: 334, 2002
- [19] Sezai Ş, Yaşar Ç, CuSO₄, Na₂S ve Farklı Toplayıcı Birleşimlerinin Kullanımının Altın Flotasyonu Üzerindeki Etkisinin Belirlenmesi, 2009
- [20] Westhein M, Lourens K, Gregory H, Oluwaseun O, The effects of mixtures of potassium amyl xanthate (PAX) and isopropyl ethyl thionocarbamate (IPETC) collectors on grade and recovery in the froth flotation of a nickel sulfide ore, 2017
- [21] Subrata R, Amlan D, Sandeep R, Flotation of copper sulphide from copper smelter slag using multiple collectors and their mixtures, 2015
- [22] Zhiyong G, Ding B, Wei S, Xuefeng C, Yuehua H, Selective flotation of scheelite from calcite and fluorite using a collector mixture, 2015
- [23] Bicak,O., 2011, Sülfürlü Cevherlerde Oksitlenme Derecesinin Flotasyon Performansına Etkisi, D 5846, Doktora Tezi, 2011
- [24]Clariant, safety data sheet, s:2, 2009
- [25] Ixom, SIPX, safety data sheet, s:2
- [26] Cytec, Aero 3477 Promoter, Emniyet Bilgi Formu, s:2
- [27] Cytec, Aero 3418-A Promoter, Emniyet Bilgi Formu, s:2
- [28] Cytec, Aero 238 Promoter, Emniyet Bilgi Formu, s:2
- [29] Cytec, Aero 5100 Promoter, Emniyet Bilgi Formu, s:2
- [30] P.F. de Aguiar, B. Bourguignon, M.S. Khots, D.L. Massart, R. Phan-Thau-Luu,., D-Optimal Designs, Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems 30, 199-210, 1995

EK.1. EDTA Test Sonuçları

Katı	Çözelti	Çözelti, mg/L (ppm) (Filtre altı)			Katı (%) Filtre üstü			Metal (gr)			Oksitlenen Metal (mg)			Es (mg ml.ext./g mtl katı)			Em (mg mtl.ext./g katı)			Toplam
		Cu	Fe	Zn	Cu	Fe	Zn	Cu	Fe	Zn	Cu	Fe	Zn	Cu	Fe	Zn	Cu	Fe	Zn	
10	210	13,233	188,178	9,05	2,58	36,72	1,76	0,26	3,67	0,18	2,78	39,52	1,90	10,77	10,76	10,80	0,28	3,95	0,19	4,42
10	215	12,509	188,291	9	2,49	37,6	1,79	0,26	3,67	0,18	2,69	40,48	1,94	10,42	11,02	10,99	0,27	4,05	0,19	4,51

Ek.2. Test 4'e Ait Deney Koşulları Tablosu

TEST	4		Besleme	1014,9			Hücre	2,5lt	Hız,rpm		
Öğütme	18	dk	60	%katı	P80:	42µm	Amaç:				
Koşullar	Kimyasal, (gr/ton)										
										pH	EH
			X-231		MIBC			Zaman		10,74	-44
			30g/t					2dk		11,45	-135
					20g/t			1dk			
C1								0,5dk			
C2								1dk			
C3								1,5dk			
			20g/t					2dk			
C4								2dk			
			50g/t					2dk			
C5								3dk			

Ek.3. Test 5'e Ait Deney Koşulları Tablosu

TEST	5		Besleme	1017,2			Hücre	2,5lt	Hız,rpm	1355	
Öğütme	18	dk	60	%katı	P80:	42µm	Amaç:				
Koşullar	Kimyasal, (gr/ton)										
										pH	EH
			X-231		MIBC			Zaman		10,73	-136
			30g/t					2dk		11,55	-150
					20g/t			1dk			
C1								0,5dk			
C2								1dk			
C3								1,5dk			
			20g/t					2dk			
C4								2dk			
			50g/t					2dk			
C5								3dk			

EK.4. Test 6'ya Ait Deney Koşulları Tablosu

TEST	6		Besleme	1013,6			Hücre	2,5lt	Hız,rpm	1370	
Öğütme	18	dk	60	%katı	P80:	42µm	Amaç:				
Koşullar	Kimyasal, (gr/ton)										
									pH	EH	
			SIPX		MIBC			Zaman	10,8	-79	
			30g/t					2dk	11,42	-120	
					20g/t			1dk			
C1								0,5dk			
C2								1dk			
C3								1,5dk			
			20g/t					2dk			
C4								2dk			
			50g/t					2dk			
C5								3dk			

EK.5. Test 7'ye Ait Deney Koşulları Tablosu

TEST	7		Besleme	1020,4				Hücre	2,5lt	Hız,rpm	1370	
Öğütme	18	dk	60	%katı	P80:	42µm	Amaç:					
Koşullar	Kimyasal, (gr/ton)											
											pH	EH
			SIPX		MIBC				Zaman		10,7	
			30g/t						2dk		11,4	-119
					20g/t				1dk			
C1									0,5dk			
C2									1dk			
C3									1,5dk			
			20g/t						2dk			
C4									2dk			
			50g/t						2dk			
C5									3dk			

EK.6. Test 8'e Ait Deney Koşulları Tablosu

TEST	8		Besleme	1008,6				Hücre	2,5lt	Hız,rpm	1372	
Öğütme	18	dk	60	%katı	P80:	42µm		Amaç:				
Koşullar	Kimyasal, (gr/ton)											
											pH	EH
			3477		MIBC				Zaman		10,8	-26
			30g/t						2dk		11,42	-64
					20g/t				1dk			
C1									0,5dk			
C2									1dk			
C3									1,5dk			
			20g/t						2dk			
C4									2dk			
			50g/t						2dk			
C5									3dk			

EK.7. Test 9'a Ait Deney Koşulları Tablosu

TEST	9		Besleme	1010,9				Hücre	2,5lt	Hız,rpm	1370	
Öğütme	18	dk	60	%katı	P80:	42µm		Amaç:				
Koşullar	Kimyasal, (gr/ton)											
											pH	EH
			3418-A		MIBC				Zaman		10,67	-50
			30g/t						2dk		11,36	-103
					20g/t				1dk			
C1									0,5dk			
C2									1dk			
C3									1,5dk			
			20g/t						2dk			
C4									2dk			
			50g/t						2dk			
C5									3dk			

EK.8. Test 10'a Ait Deney Koşulları Tablosu

TEST	10		Besleme	1016,8				Hücre	2,5lt	Hız,rpm	1365	
Öğütme	18	dk	60	%katı	P80:	42µm		Amaç:				
Koşullar	Kimyasal, (gr/ton)											
											pH	EH
			X-238		MIBC				Zaman		11,07	56
			30g/t						2dk		11,4	-36
					20g/t				1dk			
C1									0,5dk			
C2									1dk			
C3									1,5dk			
			20g/t						2dk			
C4									2dk			
			50g/t						2dk			
C5									3dk			

EK.9. Test 11'e Ait Deney Koşulları Tablosu

TEST	11		Besleme	1013,1				Hücre	2,5lt	Hız,rpm	1367	
Öğütme	18	dk	60	%katı	P80:	42µm	Amaç:					
Koşullar	Kimyasal, (gr/ton)											
											pH	EH
			X-238		MIBC				Zaman		11,11	38
			30g/t						2dk		11,41	-61
					20g/t				1dk			
C1									0,5dk			
C2									1dk			
C3									1,5dk			
			20g/t						2dk			
C4									2dk			
			50g/t						2dk			
C5									3dk			

EK.10. Test 12'ye Ait Deney Koşulları Tablosu

TEST	12		Besleme	1015			Hücre	2,5lt	Hız,rpm	1370	
Öğütme	18	dk	60	%katı	P80:	42µm	Amaç:				
Koşullar	Kimyasal, (gr/ton)										
										pH	EH
			5100		MIBC			Zaman		10,81	17
			30g/t					2dk		11,33	-63
					20g/t			1dk			
C1								0,5dk			
C2								1,5dk			
C3								1,5dk			
			20g/t					2dk			
C4								2dk			
			50g/t					2dk			
C5								3dk			

EK.11. Test 15'e Ait Deney Koşulları Tablosu

TEST	15		Besleme	1007,7				Hücre	2,5lt	Hız,rpm	1387	
Öğütme	18	dk	60	%katı	P80:	42µm		Amaç:				
Koşullar	Kimyasal, (gr/ton)											
											pH	EH
			Aero-238	SIPX	MIBC				Zaman (dk)		9,5	
			50g/t	50g/t					2		11,24	-140
					20g/t				1			
C1									0,5			
C2									1,5			
C3									3			
C4									3			

EK.12. Test 16'ya Ait Deney Koşulları Tablosu

TEST	16		Besleme	1015,9				Hücre	2,5lt	Hız,rpm	1394	
Öğütme	18	dk	60	%katı	P80:	42µm		Amaç:				
Koşullar	Kimyasal, (gr/ton)											
											pH	EH
		Aero-238	SIPX	3477	MIBC				Zaman (dk)		9,6	-72
		33g/t	33g/t	33g/t					2		11,38	-160
					20g/t				1			
C1									0,5			
C2									1,5			
C3									3			
C4									3			

EK.13.Test 17'ye Ait Deney Koşulları Tablosu

TEST	17		Besleme	1011,9				Hücre	2,5lt	Hız,rpm	1394	
Öğütme	18	dk	60	%katı	P80:	42µm		Amaç:				
Koşullar	Kimyasal, (gr/ton)											
											pH	EH
		Aero-238	SIPX	3477	MIBC				Zaman (dk)		-	-
		17g/t	17g/t	67g/t					2		11,36	-146
					20g/t				1			
C1									0,5			
C2									1,5			
C3									3			
C4									3			

EK.14. Test 18'e Ait Deney Koşulları Tablosu

TEST	18		Besleme	1015,9			Hücre	2,5lt	Hız,rpm	1394	
Öğütme	18	dk	60	%katı	P80:	42µm	Amaç:				
Koşullar	Kimyasal, (gr/ton)										
										pH	EH
			SIPX	3477	MIBC			Zaman		-	-
			50g/t	50g/t				(dk)		11,32	-104
					20g/t			2			
								1			
C1								0,5			
C2								1,5			
C3								3			
C4								3			

EK.15. Test 19'a Ait Deney Koşulları Tablosu

TEST	19		Besleme	1015				Hücre	2,5lt	Hız,rpm	1383	
Öğütme	18	dk	60	%katı	P80:	42µm		Amaç:				
Koşullar	Kimyasal, (gr/ton)											
											pH	EH
		Aero							Zaman			
		238	SIPX	3477	MIBC				(dk)		-	-
		17g/t	67g/t	17g/t					2		11,45	5
					20g/t				1			
C1									0,5			
C2									1,5			
C3									3			
C4									3			

EK.16. Test 20'ye Ait Deney Koşulları Tablosu

TEST	20		Besleme	1014,8			Hücre	2,5lt	Hız,rpm	1383	
Öğütme	18	dk	60	%katı	P80:	42µm	Amaç:				
Koşullar	Kimyasal, (gr/ton)										
										pH	EH
			Aero					Zaman			
			238	3477	MIBC			(dk)		-	-
			50g/t	50g/t				2		11,52	26
					20g/t			1			
C1								0,5			
C2								1,5			
C3								3			
C4								3			

EK.17. Test 21'e Ait Deney Koşulları Tablosu

TEST	21		Besleme	1011,5				Hücre	2,5lt	Hız,rpm	1383	
Öğütme	18	dk	60	%katı	P80:	42µm		Amaç:				
Koşullar	Kimyasal, (gr/ton)											
											pH	EH
		Aero										
		238	SIPX	3477	MIBC				Zaman			
		67g/t	17g/t	17g/t					(dk)		-	-
					20g/t				2		11,47	6
									1			
C1									0,5			
C2									1,5			
C3									3			
C4									3			

EK.18. Test 22'ye Ait Deney Koşulları Tablosu

TEST	22		Besleme	1015,7				Hücre	2,5lt	Hız,rpm	1399	
Öğütme	18	dk	60	%katı	P80:	42µm		Amaç:				
Koşullar	Kimyasal, (gr/ton)											
											pH	EH
				3477	MIBC				Zaman			
				100g/t					(dk)		-	-
					20g/t				2		11,45	-21
									1			
C1									0,5			
C2									1,5			
C3									3			
C4									3			

EK.19.Test 23'e Ait Deney Koşulları Tablosu

TEST	23		Besleme	1013,2			Hücre	2,5lt	Hız,rpm	1383	
Öğütme	18	dk	60	%katı	P80:	42µm	Amaç:				
Koşullar	Kimyasal, (gr/ton)										
										pH	EH
			SIPX		MIBC			Zaman			
			100g/t					(dk)		-	-
					20g/t			2		11,43	-20
								1			
C1								0,5			
C2								1,5			
C3								3			
C4								3			

EK.20. Test 24'e Ait Deney Koşulları Tablosu

TEST	24		Besleme	1013,4				Hücre	2,5lt	Hız,rpm	1383	
Öğütme	18	dk	60	%katı	P80:	42µm		Amaç:				
Koşullar	Kimyasal, (gr/ton)											
											pH	EH
		Aero										
		238			MIBC					Zaman		
		100g/t								(dk)	-	-
					20g/t					2	11,47	-99
										1		
C1										0,5		
C2										1,5		
C3										3		
C4										3		

EK.21. Test 25'e Ait Deney Koşulları Tablosu

TEST	25		Besleme	1003,5			Hücre	2,5lt	Hız,rpm	1383	
Öğütme	18	dk	60	%katı	P80:	42µm	Amaç:				
Koşullar	Kimyasal, (gr/ton)										
										pH	EH
		Aero						Zaman			
		238		3477	MIBC			(dk)		-	-
		50g/t		50g/t				2		11,43	-115
					20g/t			1			
C1								0,5			
C2								1,5			
C3								3			
C4								3			

EK.22. Test 26'ya Ait Deney Koşulları Tablosu

TEST	26		Besleme	1008,1				Hücre	2,5lt	Hız,rpm	1383	
Öğütme	18	dk	60	%katı	P80:	42µm		Amaç:				
Koşullar	Kimyasal, (gr/ton)											
											pH	EH
				3477	MIBC				Zaman			
				100g/t					(dk)		-	-
					20g/t				2		11,44	-47
									1			
C1									0,5			
C2									1,5			
C3									3			
C4									3			

EK.23. Test 27'ye Ait Deney Koşulları Tablosu

TEST	27		Besleme	1007,9				Hücre	2,5lt	Hız,rpm	1383	
Öğütme	18	dk	60	%katı	P80:	42µm		Amaç:				
Koşullar	Kimyasal, (gr/ton)											
											pH	EH
			SIPX		MIBC				Zaman			
			100g/t						(dk)		-	-
					20g/t				2		11,55	-67
									1			
C1									0,5			
C2									1,5			
C3									3			
C4									3			

EK.24. Test 28'e Ait Deney Koşulları Tablosu

TEST	28		Besleme	1016,3			Hücre	2,5lt	Hız,rpm	1383	
Öğütme	18	dk	60	%katı	P80:	42µm	Amaç:				
Koşullar	Kimyasal, (gr/ton)										
										pH	EH
		Aero 238			MIBC			Zaman			
		100g/t						(dk)		-	-
					20g/t			2		11,48	-65
								1			
C1								0,5			
C2								1,5			
C3								3			
C4								3			

EK.25. Test 13 Deney Koşulları

TEST	13		Besleme	1015,4			Hücre	2,5lt	Hız,rpm	1370	
Öğütme	18	dk	60	%katı	P80:	42µm	Amaç:				
Koşullar	Kimyasal, (gr/ton)										
										pH	EH
			X-231	SIPX	MIBC			Zaman		9,37	-2
			90g/t	10g/t				2		11,39	-201
					20g/t			1			
C1								0,5			
C2								1,5			
C3								6			

EK.26. Test 14 Deney Koşulları

TEST	14		Besleme	1015,6			Hücre	2,5lt	Hız,rpm	1390	
Öğütme	18	dk	60	%katı	P80:	42µm	Amaç:				
Koşullar	Kimyasal, (gr/ton)										
										pH	EH
			X-231	SIPX	MIBC			Zaman		9,05	-140
			90g/t	10g/t				2		11,35	-265
					20g/t			1			
C1								0,5			
C2								1,5			
C3								6			

EK 27. Açık Devre Temizlemeli Flotasyon Test Koşulları ve Analizler

TEST	29		Besleme	1014,8			Hücre	2,5lt	Hız,rpm	1383
Öğütme	18	dk	60	%katı	P80:	42µm	Amaç:	Açık devre temizlemeli flotasyon testleri		

Koşullar	Kimyasal, (gr/ton)						Zaman (dk)		pH	EH
							Koşullandırma	Flotasyon		
Öğütme			X231	KAX	MIBC				-	-
			95 g/t	5 g/t (%1, 0.5 ml)			2	2	11,52	26
					20g/t		1	1		
C1								0,5		
C2								2		
C3								5		
C4								8		
Cl1								5	11,5	
Cl1 Scav				5 g/t			2	2		
Cl2								3	11,5	
Cl3								2	11,5	

	Ağırlık			Tenör (%)		
	gr	%	Kum %	Cu	Fe	Zn
Kons	21,20	2,18	2,18	20,56	30,19	1,02
Cl3 Atık	66,90	6,89	9,08	15,10	30,72	1,47
Cl2 Atık	67,50	6,96	16,04	9,19	32,67	1,82
Cl1 Scav Atık	21,40	2,21	18,24	4,33	38,01	1,18
Cl1 Scav Kons	7,10	0,73	18,97	5,87	39,06	1,82
Nihai Atık	786,20	81,03	100,00	0,95	35,70	0,89
Besleme	970,30	100,00		3,04	35,10	1,01

TEST	30		Besleme	1014,8			Hücre	2,5lt	Hız,rpm	1383
Öğütme	18	dk	60	%katı	P80:	42µm	Amaç:	Açık devre temizlemeli flotasyon testleri		

Koşullar	Kimyasal, (gr/ton)										
								Zaman (dk)		pH	EH
Öğütme			Aero 238	3477	MIBC			Koşullandırma	Flotasyon	-	-
			40 g/t	60 g/t				2	2	11,52	26
					20g/t			1	1		
C1									0,5		
C2									2		
C3									5		
C4									8		
C11									5	11,5	
C11 Scav			5 g/t					2	2		
C12									3	11,5	
C13									2	11,5	

	Ağırlık			Tenör (%)		
	gr	%	Kum %	Cu	Fe	Zn
Conc	24,90	2,54	2,54	24,70	28,04	1,46
C13 Tail	55,90	5,71	5,71	15,71	28,91	2,04
C12 Tail	43,40	4,43	4,43	10,14	31,20	2,10
C11 Scav Tail	52,20	5,33	5,33	2,56	37,44	0,91
C11 Scav Conc	17,30	1,77	1,77	7,18	37,85	2,25
Tail	785,20	80,21	80,21	0,72	36,46	0,79
Feed	978,90	100,00	100,00	2,82	35,66	0,97

TEST	31		Besleme	1014,8			Hücre	2,5lt	Hız,rpm	1383
Öğütme	18	dk	60	%katı	P80:	42µm	Amaç:	Açık devre temizlemeli flotasyon testleri		

Koşullar	Kimyasal, (gr/ton)						Zaman (dk)		pH	EH
	SIPX		MIBC		Koşullandırma	Flotasyon				
Öğütme	100 g/t (%1, 10 ml)		20g/t		2	2	11,52	26	-	-
C1						0,5				
C2						2				
C3						5				
C4						8				
Cl1						5	11,5			
Cl1 Scav			5 g/t			2	2			
Cl2						3	11,5			
Cl3						2	11,5			

	Ağırlık			Tenör (%)		
	gr	%	Kum %	Cu	Fe	Zn
Kons	2,10	0,21	0,21	26,38	26,77	1,58
Cl3 Atık	47,00	4,70	4,70	21,44	27,44	2,07
Cl2 Atık	34,20	3,42	3,42	14,17	29,77	2,45
Cl1 Scav Atık	66,70	6,67	6,67	5,68	38,74	1,42
Cl1 Scav Kons	21,50	2,15	2,15	12,10	35,93	3,02
Nihai Atık	828,30	82,85	82,85	1,00	37,16	0,78
Besleme	999,80	100,00	100,00	3,01	36,51	0,99

EK.28. Farklı Toplayıcı Türleri ile Yapılan Testlerin Sonuçları

X231												
Tenör (%)			Tenör Kum (%)			Verim Kum (%)			Ağırlık			
	Cu	Fe	Zn	Cu	Fe	Zn	Cu	Fe	Zn	gr	%	Kum %
C1	21,11	31,96	0,72	20,36	32,42	0,81	15,38	1,72	1,42	23,79	2,37	2,37
C2	18,33	33,69	0,92	18,30	33,17	0,89	40,60	5,14	4,85	42,60	4,25	6,62
C3	14,92	35,86	1,29	17,61	34,27	1,05	58,66	8,35	9,08	32,98	3,29	9,91
C4	8,07	35,34	2,35	15,00	35,46	1,55	71,70	12,57	19,35	39,27	3,91	13,82
C5	4,47	38,79	5,38	12,51	36,18	2,42	80,40	18,15	47,71	44,40	4,43	18,25
Atık	0,68	38,43	0,67	0,64	38,40	0,64	100,00	100,00	100,00	820,06	81,75	100,00
Besleme	2,80	37,91	1,03							1003,10	100,00	
SIPX												
Tenör (%)			Tenör Kum (%)			Verim Kum (%)			Ağırlık			
	Cu	Fe	Zn	Cu	Fe	Zn	Cu	Fe	Zn	gr	%	Kum %
C1	21,26	37,43	0,81	21,26	37,43	0,81	5,75	0,75	0,65	7,74	0,77	0,77
C2	19,50	37,04	0,84	20,16	37,19	0,83	14,49	1,97	1,77	12,81	1,27	2,04
C3	15,73	34,80	0,99	18,04	36,05	0,91	24,89	3,67	3,72	18,92	1,88	3,93
C4	19,36	33,53	0,98	18,53	35,11	0,93	40,69	5,68	6,10	23,34	2,32	6,25
C5	11,22	37,30	1,89	14,41	36,35	1,47	72,55	13,49	22,06	81,22	8,08	14,33
Atık	0,91	39,00	0,87	0,91	39,00	0,87	100,00	100,00	100,00	861,01	85,67	100,00
Besleme	2,85	38,62	0,96							1005,04	100,00	
3477												
Tenör (%)			Tenör Kum (%)			Verim Kum (%)			Ağırlık			
	Cu	Fe	Zn	Cu	Fe	Zn	Cu	Fe	Zn	gr	%	Kum %
C1	22,85	35,60	0,74	22,85	35,60	0,74	5,79	0,67	0,55	7,22	0,73	0,73
C2	21,41	36,94	0,78	21,76	36,62	0,77	22,70	2,85	2,36	22,52	2,27	3,00
C3	17,41	33,19	0,97	19,74	35,03	0,86	38,44	5,08	4,93	25,77	2,60	5,60
C4	15,08	36,07	1,32	17,68	35,49	1,07	61,65	9,22	10,91	43,86	4,42	10,02
C5	6,22	38,68	2,74	12,74	36,86	1,79	78,09	16,83	32,17	75,35	7,60	17,62
Atık	0,76	38,95	0,81	0,76	38,95	0,81	100,00	100,00	100,00	817,16	82,38	100,00
Besleme	2,87	38,58	0,98							991,88	100,00	
3418-A												
Tenör (%)			Tenör Kum (%)			Verim Kum (%)			Ağırlık			
	Cu	Fe	Zn	Cu	Fe	Zn	Cu	Fe	Zn	gr	%	Kum %
C1	22,92	35,75	0,64	22,92	35,75	0,64	6,31	0,74	0,53	7,93	0,80	0,80
C2	18,21	37,83	0,73	19,74	37,16	0,70	16,69	2,37	1,79	16,43	1,66	2,46

C3	16,79	33,79	0,85	18,49	35,73	0,76	27,14	3,96	3,39	17,94	1,81	4,27
C4	15,91	35,73	0,96	17,13	35,73	0,87	53,35	8,41	8,15	47,48	4,79	9,06
C5	6,69	40,60	1,96	11,80	38,22	1,42	75,12	18,38	27,40	93,76	9,46	18,52
Atık	0,89	38,58	0,86	0,89	38,58	0,86	100,00	100,00	100,00	807,51	81,48	100,00
Besleme	2,91	38,51	0,96							991,05	100,00	
X-238												
	Tenör (%)			Tenör Kum (%)			Verim Kum (%)			Ağırlık		
	Cu	Fe	Zn	Cu	Fe	Zn	Cu	Fe	Zn	gr	%	Kum %
C1	22,93	35,26	0,72	22,93	35,26	0,72	4,97	0,52	0,43	6,02	0,59	0,59
C2	22,87	36,05	0,74	22,88	35,84	0,74	18,50	1,98	1,65	16,43	1,62	2,21
C3	19,96	33,38	0,91	21,50	34,67	0,82	33,05	3,65	3,49	20,24	1,99	4,20
C4	16,40	35,91	1,14	19,09	35,26	0,97	55,57	7,02	7,81	38,13	3,75	7,95
C5	6,99	38,69	2,37	13,19	36,93	1,65	74,93	14,35	25,98	76,89	7,56	15,51
Atık	0,81	40,46	0,86	0,81	40,46	0,86	100,00	100,00	100,00	859,09	84,49	100,00
Besleme	2,73	39,91	0,99							1016,80	100,00	
5100												
	Tenör (%)			Tenör Kum (%)			Verim Kum (%)			Ağırlık		
	Cu	Fe	Zn	Cu	Fe	Zn	Cu	Fe	Zn	gr	%	Kum %
C1	18,50	37,18	0,82	18,50	37,18	0,82	23,20	3,48	3,23	35,53	3,57	3,57
C2	14,69	40,22	1,36	15,93	39,23	1,18	61,31	11,27	14,24	73,49	7,37	10,94
C3	7,75	42,81	2,16	14,13	40,02	1,40	69,73	14,74	21,58	30,78	3,09	14,03
C4	5,82	40,52	4,39	12,59	40,11	1,95	76,26	18,13	36,98	31,75	3,19	17,21
C5	2,77	42,32	4,28	10,38	40,61	2,48	81,13	23,68	60,52	49,81	5,00	22,21
Atık	0,69	37,38	0,46	0,69	37,38	0,46	100,00	100,00	100,00	775,20	77,79	100,00
Besleme	2,84	38,09	0,91							996,56	100,00	

EK.29. Farklı Toplayıcı Türleri ile Yapılan Testlere Ait Su Verileri

X-231								
	Su D.Ö.	Su D.S.	Yaş Ağırlık	Kuru Ağırlık	Kap Dara	M. Su (g)	% Su	Küm % Su
C1	628,4	609,4	205,1	20,63	144,9	20,57	0,97	0,97
C2	625,1	592,8	251,6	39	144,2	36,1	1,70	2,67
C3	620	556,4	273,2	34,24	118,4	56,96	2,68	5,35
C4	616,1	522,1	340,7	45,68	117,2	83,82	3,95	9,30
C5	611	510,2	438,3	55,01	145,6	136,89	6,45	15,75
SIPX								
	Su D.Ö.	Su D.S.	Yaş Ağırlık	Kuru Ağırlık	Kap Dara	M. Su (g)	% Su	Küm % Su
C1	631,4	611,6	171,8	7,74	122,6	21,66	1,02	1,02
C2	617,6	581,2	236,2	12,81	146,4	40,59	1,91	2,93
C3	617,5	582,5	246,6	18,92	121	71,68	3,38	6,31
C4	618,2	542,5	267,2	23,34	119	49,16	2,32	8,63
C5	621,5	459	512,8	81,22	122,9	146,18	6,89	15,51
3477								
	Su D.Ö.	Su D.S.	Yaş Ağırlık	Kuru Ağırlık	Kap Dara	M. Su (g)	% Su	Küm % Su
C1	622	603,4	157,9	7,22	118,3	13,78	0,65	0,65
C2	591,7	550,3	254,1	22,52	150,6	39,58	1,86	2,51
C3	582	534,6	259	25,77	123,1	62,73	2,95	5,46
C4	593,7	483,8	344,8	43,86	120,4	70,64	3,32	8,78
C5	607,3	472,2	481,7	75,35	124,6	146,65	6,90	15,68
3418-A								
	Su D.Ö.	Su D.S.	Yaş Ağırlık	Kuru Ağırlık	Kap Dara	M. Su (g)	% Su	Küm % Su
C1	638,2	615,5	160,9	7,93	118,2	12,07	0,57	0,57
C2	618,3	581,5	245	16,43	147,1	44,67	2,10	2,67
C3	616,8	577,3	232,3	17,94	119,7	55,16	2,59	5,26
C4	619,6	496,4	360,3	47,48	119,8	69,82	3,28	8,55
C5	621	460,8	474,7	93,76	118,6	102,14	4,80	13,35
X-238								
	Su D.Ö.	Su D.S.	Yaş Ağırlık	Kuru Ağırlık	Kap Dara	M. Su (g)	% Su	Küm % Su
C1	608,6	590,6	153,6	6,02	120	9,58	0,45	0,45
C2	610,6	563,4	236,9	16,43	147,5	25,77	1,22	1,67

C3	575,7	525,7	257,3	20,24	146,1	40,96	1,93	3,60
C4	619,3	511,5	320,8	38,13	119,1	55,77	2,63	6,23
C5	626,5	487,8	444,2	76,89	113,9	114,71	5,41	11,64
5100								
	Su D.Ö.	Su D.S.	Yaş Ağırlık	Kuru Ağırlık	Kap Dara	M. Su (g)	% Su	Küm % Su
C1	621,8	596,3	205,7	35,53	118,6	26,07	1,23	1,23
C2	572,7	512,5	350,3	73,49	118,8	140,21	6,60	7,83
C3	589,5	532	269,1	30,78	146,4	34,42	1,62	9,45
C4	532	433,1	315,7	31,75	119,7	65,35	3,08	12,52
C5	585,4	464,6	414,9	49,81	147	97,29	4,58	17,10

EK.30. Farklı Toplayıcı Türleri ile Yapılan Testlerin Pirit Hesapları

X-231							
	CuFeS2 Ağırlığı	Kalkopiritten Gelen Fe yüzdesi	Piritten Gelen Fe Yüzdesi	% FeS2	Küm % FeS2	Pirit Verimi	Küm Verim
C1	111,96	18,55	13,41	34,61	34,61	0,90	0,90
C2	97,21	16,10	17,59	45,38	41,52	2,11	3,01
C3	79,13	13,11	22,75	58,71	47,23	2,11	5,12
C4	42,80	7,09	28,25	72,90	54,50	3,12	8,25
C5	23,71	3,93	34,86	89,97	63,10	4,36	12,61
Atık	3,61	0,60	37,83	97,63	97,63	87,39	100,00
SIPX							
	CuFeS2 Ağırlığı	Kalkopiritten Gelen Fe yüzdesi	Piritten Gelen Fe Yüzdesi	% FeS2	Küm % FeS2	Pirit Verimi	Küm Verim
C1	112,77	18,68	18,75	48,38	48,38	0,40	0,40
C2	103,40	17,13	19,91	51,39	50,26	0,70	1,10
C3	83,43	13,82	20,98	54,15	52,12	1,09	2,20
C4	102,68	17,01	16,52	42,63	48,59	1,06	3,26
C5	59,51	9,86	27,45	70,83	61,13	6,14	9,40
Atık	4,84	0,80	38,20	98,59	98,59	90,60	100,00
3477							
	CuFeS2 Ağırlığı	Kalkopiritten Gelen Fe yüzdesi	Piritten Gelen Fe Yüzdesi	% FeS2	Küm % FeS2	Pirit Verimi	Küm Verim
C1	121,18	20,07	15,53	40,07	40,07	0,31	0,31
C2	113,55	18,81	18,13	46,79	45,16	1,14	1,46
C3	92,32	15,29	17,89	46,18	45,63	1,29	2,74
C4	79,98	13,25	22,82	58,89	51,48	2,80	5,54
C5	33,00	5,47	33,21	85,71	66,24	7,00	12,54
Atık	4,05	0,67	38,27	98,77	98,77	87,46	100,00
3418-A							
	CuFeS2 Ağırlığı	Kalkopiritten Gelen Fe yüzdesi	Piritten Gelen Fe Yüzdesi	% FeS2	Küm % FeS2	Pirit Verimi	Küm Verim

C1	121,56	20,14	15,61	40,29	40,29	0,35	0,35
C2	96,59	16,00	21,83	56,34	51,12	1,01	1,35
C3	89,05	14,75	19,04	49,13	50,28	0,96	2,31
C4	84,40	13,98	21,75	56,12	53,37	2,90	5,21
C5	35,49	5,88	34,72	89,59	71,87	9,14	14,35
Atık	4,71	0,78	37,79	97,54	97,54	85,65	100,00
Aero-238							
	CuFeS2 Ağırlığı	Kalkopiritten Gelen Fe yüzdesi	Piritten Gelen Fe Yüzdesi	% FeS2	Küm % FeS2	Pirit Verimi	Küm Verim
C1	121,58	20,14	15,12	39,02	39,02	0,24	0,24
C2	121,29	20,09	15,96	41,18	40,60	0,69	0,93
C3	105,85	17,54	15,84	40,88	40,74	0,84	1,77
C4	86,98	14,41	21,50	55,49	47,69	2,15	3,92
C5	37,06	6,14	32,55	83,99	65,39	6,56	10,48
Atık	4,30	0,71	39,75	102,57	102,57	89,52	100,00
5100							
	CuFeS2 Ağırlığı	Kalkopiritten Gelen Fe yüzdesi	Piritten Gelen Fe Yüzdesi	% FeS2	Küm % FeS2	Pirit Verimi	Küm Verim
C1	98,10	16,25	20,93	54,00	54,00	2,10	2,10
C2	77,92	12,91	27,31	70,48	65,11	5,66	7,75
C3	41,13	6,81	36,00	92,90	71,23	3,12	10,88
C4	30,86	5,11	35,41	91,38	74,96	3,17	14,05
C5	14,72	2,44	39,88	102,93	81,25	5,60	19,65
Atık	3,66	0,61	36,77	94,89	94,89	80,35	100,00

EK.31. Toplayıcı Karışımları ile Yapılan Test Sonuçları

Test 13	Ağırlık			Tenör (%)		Tenör Kum (%)		Verim (%)		Verim Kum (%)	
	gr	%	Kum %	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe
C1	35	3,58	3,58	15,99	33,39	15,99	33,39	22,84	3,50	22,84	3,50
C2	91	9,30	12,88	10,37	30,11	11,93	31,02	38,52	8,20	61,36	11,70
C3	98	10,02	22,90	4,86	31,70	8,84	31,32	19,44	9,30	80,80	21,00
Atık	754	77,10	100,00	0,62	35,01	0,62	35,01	19,20	79,00	100,00	100,00
Besleme	978	100,00		2,51	34,16			100,00	100,00		
Test 14	Ağırlık			Tenör (%)		Tenör Kum (%)		Verim (%)		Verim Kum (%)	
	gr	%	Kum %	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe
C1	45	4,60	4,60	14,82	33,54	14,82	33,54	26,01	4,72	26,01	4,72
C2	100	10,23	14,83	9,27	30,80	10,99	31,65	36,17	9,62	62,18	14,34
C3	113	11,56	26,39	4,34	32,93	8,08	32,21	19,11	11,63	81,29	25,97
Atık	719,6	73,61	100,00	0,67	32,92	0,67	32,92	18,71	74,03	100,00	100,00
Besleme	977,6	100,00		2,62	32,73			100,00	100,00		
Test 15	Ağırlık			Tenör (%)		Tenör Kum (%)		Verim (%)		Verim Kum (%)	
	gr	%	Kum %	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe
C1	30,71	3,09	3,09	16,92	29,27	16,92	29,27	19,34	2,48	19,34	2,48
C2	92,44	9,29	12,38	11,97	32,09	13,20	31,39	41,19	8,20	60,53	10,68
C3	75,70	7,61	19,99	6,07	35,35	8,86	32,90	17,10	7,39	77,64	18,08
C4	28,01	2,82	22,80	3,84	35,50	9,67	33,22	4,00	2,75	81,64	20,82
Atık	768,10	77,20	100,00	0,64	37,30	0,64	37,30	18,30	79,17	99,94	100,00
Besleme	994,96	100,00	0,00	2,70	36,37	0,00	0,00	100,00	100,00	0,00	0,00
Test 16	Ağırlık			Tenör (%)		Tenör Kum (%)		Verim (%)		Verim Kum (%)	
	gr	%	Kum %	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe

C1	35,19	3,62	3,62	17,09	28,80	17,09	28,80	22,92	2,87	22,92	2,87
C2	85,98	8,85	12,47	11,69	31,33	13,26	30,60	38,31	7,62	61,24	10,49
C3	72,66	7,48	19,95	5,80	34,60	10,46	32,10	16,06	7,11	77,30	17,61
C4	36,68	3,78	23,72	3,52	34,74	9,36	32,52	4,92	3,61	82,22	21,21
Atık	741,12	76,28	100,00	0,63	37,57	0,63	37,57	17,80	78,79	100,02	100,00
Besleme	971,62	100,00	0,00	2,70	36,37	0,00	0,00	100,02	100,00	0,00	0,00
	Ağırlık			Tenör (%)		Tenör Kum (%)		Verim (%)		Verim Kum (%)	
Test 17	gr	%	Kum %	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe
C1	32,24	3,21	3,21	18,52	27,58	18,52	27,58	22,05	2,44	22,05	2,44
C2	73,41	7,32	10,53	14,62	28,96	15,81	28,54	39,63	5,83	61,67	8,26
C3	58,39	5,82	16,35	7,21	33,67	12,75	30,37	15,54	5,39	77,22	13,65
C4	31,14	3,10	19,46	4,18	34,17	11,38	30,97	4,81	2,92	82,02	16,57
Atık	807,95	80,54	100,00	0,60	37,67	0,60	37,67	17,90	83,42	99,92	99,99
Besleme	1003,12	100,00	0,00	2,70	36,37	0,00	0,00	99,92	99,99	0,00	0,00
	Ağırlık			Tenör (%)		Tenör Kum (%)		Verim (%)		Verim Kum (%)	
Test 18	gr	%	Kum %	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe
C1	31,07	3,08	3,08	17,87	28,54	17,87	28,54	20,41	2,42	20,41	2,42
C2	81,80	8,12	11,20	14,17	30,35	15,19	29,85	42,61	6,77	63,02	9,19
C3	62,54	6,21	17,41	6,93	33,10	12,24	31,01	15,93	5,65	78,95	14,84
C4	28,85	2,86	20,27	4,00	34,12	11,08	31,45	4,24	2,69	83,19	17,53
Atık	803,29	79,73	100,00	0,57	37,62	0,57	37,62	16,83	82,47	100,02	100,00
Besleme	1007,56	100,00	0,00	2,70	36,37	0,00	0,00	100,02	100,00	0,00	0,00
	Ağırlık			Tenör (%)		Tenör Kum (%)		Verim (%)		Verim Kum (%)	
Test 19	gr	%	Kum %	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe
C1	50,18	5,05	5,05	17,22	32,63	17,22	32,63	32,23	4,53	32,23	4,53
C2	92,95	9,36	14,41	10,99	30,01	13,17	30,93	38,10	7,72	70,34	12,26
C3	54,66	5,50	19,92	6,24	33,04	11,26	31,51	12,72	5,00	83,06	17,26
C4	28,63	2,88	22,80	3,94	37,48	10,33	32,27	4,21	2,97	87,27	20,23
Atık	766,50	77,20	100,00	0,45	37,58	0,45	37,58	12,87	79,76	100,13	99,99

Besleme	992,93	100,00	0,00	2,70	36,37	0,00	0,00	100,13	100,00	0,00	0,00
	Ağırlık			Tenör (%)		Tenör Kum (%)		Verim (%)		Verim Kum (%)	
Test 20	gr	%	Kum %	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe
C1	33,06	3,28	3,28	18,60	28,30	18,60	28,30	22,60	2,55	22,60	2,55
C2	74,46	7,39	10,67	15,00	28,47	16,11	28,42	41,06	5,79	63,66	8,34
C3	60,80	6,03	16,71	7,67	33,37	13,06	30,21	17,14	5,54	80,80	13,88
C4	32,12	3,19	19,89	4,75	37,26	11,73	31,34	5,61	3,27	86,41	17,14
Atık	807,09	80,11	100,00	0,46	37,62	0,46	37,62	13,65	82,86	100,06	100,00
Besleme	1007,53	100,00	0,00	2,70	36,37	0,00	0,00	100,06	100,00	0,00	0,00
	Ağırlık			Tenör (%)		Tenör Kum (%)		Verim (%)		Verim Kum (%)	
Test 21	gr	%	Kum %	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe
C1	35,11	3,52	3,52	18,88	27,52	18,88	27,52	24,62	2,66	24,62	2,66
C2	66,64	6,68	10,20	14,42	28,50	15,96	28,16	35,69	5,24	60,32	7,90
C3	67,82	6,80	17,01	8,06	33,62	12,80	30,34	20,30	6,29	80,62	14,19
C4	32,20	3,23	20,24	4,52	37,63	11,48	31,51	5,41	3,34	86,03	17,53
Atık	795,34	79,76	100,00	0,47	37,60	0,47	37,60	13,88	82,46	99,91	99,99
Besleme	997,11	100,00	0,00	2,70	36,37	0,00	0,00	99,91	99,99	0,00	0,00
	Ağırlık			Tenör (%)		Tenör Kum (%)		Verim (%)		Verim Kum (%)	
Test 22	gr	%	Kum %	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe
C1	39,11	3,90	3,90	18,40	27,60	18,40	27,60	26,57	2,96	26,57	2,96
C2	74,85	7,46	11,36	13,17	29,26	14,96	28,69	36,40	6,00	62,98	8,96
C3	59,99	5,98	17,34	6,73	32,98	12,12	30,17	14,91	5,42	77,89	14,39
C4	29,01	2,89	20,24	5,05	36,90	11,11	31,13	5,41	2,93	83,30	17,32
Atık	799,96	79,76	100,00	0,56	37,70	0,56	37,70	16,54	82,68	99,84	100,00
Besleme	1002,93	100,00	0,00	2,70	36,37	0,00	0,00	99,84	100,00	0,00	0,00
	Ağırlık			Tenör (%)		Tenör Kum (%)		Verim (%)		Verim Kum (%)	
Test 23	gr	%	Kum %	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe

C1	56,48	5,63	5,63	16,68	28,71	16,68	28,71	37,84	4,60	37,84	4,60
C2	72,08	7,18	12,81	11,03	29,47	13,51	29,14	31,93	6,02	69,77	10,62
C3	32,68	3,26	16,06	6,75	32,19	12,14	29,76	8,86	2,98	78,63	13,61
C4	14,39	1,43	17,49	4,95	33,49	11,55	30,06	2,86	1,37	81,49	14,97
Atık	828,32	82,51	100,00	0,56	36,19	0,56	36,19	18,63	85,02	100,12	99,99
Besleme	1003,94	100,00	0,00	2,48	35,12	0,00	0,00	100,12	99,99	0,00	0,00
	Ağırlık			Tenör (%)		Tenör Kum (%)		Verim (%)		Verim Kum (%)	
Test 24	gr	%	Kum %	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe
C1	40,54	4,10	4,10	18,94	31,38	18,94	31,38	28,77	3,54	28,77	3,54
C2	69,68	7,05	11,15	13,51	33,84	15,51	32,94	35,28	6,56	64,05	10,10
C3	56,18	5,68	16,84	7,00	35,75	12,64	33,89	14,74	5,59	78,79	15,69
C4	27,97	2,83	19,67	4,37	36,22	11,45	34,22	4,58	2,82	83,37	18,50
Atık	793,94	80,33	100,00	0,56	36,90	0,56	36,90	16,66	81,50	100,03	100,01
Besleme	988,32	100,00	0,00	2,70	36,37	0,00	0,00	100,03	100,01	0,00	0,00
	Ağırlık			Tenör (%)		Tenör Kum (%)		Verim (%)		Verim Kum (%)	
Test 25	gr	%	Kum %	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe
C1	51,28	5,13	5,13	18,02	30,11	18,02	30,11	34,22	4,24	34,22	4,24
C2	68,00	6,80	11,93	12,94	30,55	15,12	30,36	32,59	5,71	66,81	9,96
C3	57,89	5,79	17,71	6,02	32,43	12,15	31,04	12,91	5,16	79,71	15,12
C4	31,13	3,11	20,83	3,63	40,19	10,88	32,40	4,18	3,44	83,90	18,56
Atık	791,83	79,17	100,00	0,55	37,41	0,55	37,41	16,13	81,44	100,02	99,99
Besleme	1000,13	100,00	0,00	2,70	36,37	0,00	0,00	100,02	99,99	0,00	0,00
	Ağırlık			Tenör (%)		Tenör Kum (%)		Verim (%)		Verim Kum (%)	
Test 26	gr	%	Kum %	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe
C1	42,64	4,25	4,25	18,70	30,00	18,70	30,00	29,41	3,50	29,41	3,50
C2	78,35	7,80	12,05	13,01	29,85	15,02	29,90	37,60	6,40	67,01	9,91
C3	55,78	5,56	17,61	6,42	32,55	12,30	30,74	13,21	4,97	80,22	14,88
C4	27,37	2,73	20,33	4,02	38,28	11,19	31,75	4,06	2,87	84,28	17,75
Atık	799,94	79,67	100,00	0,53	37,55	79,67	37,55	15,64	82,25	99,92	100,00
Besleme	1004,08	100,00	0,00	2,70	36,37	0,00	0,00	99,92	100,00	0,00	0,00

Test 27	Ağırlık			Tenör (%)		Tenör Kum (%)		Verim (%)		Verim Kum (%)	
	gr	%	Kum %	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe
C1	45,22	4,51	4,51	17,91	30,72	17,91	30,72	29,88	3,81	29,88	3,81
C2	61,71	6,15	10,65	12,62	30,59	14,86	30,64	28,74	5,17	58,62	8,98
C3	39,41	3,93	14,58	7,65	31,37	12,92	30,84	11,12	3,39	69,75	12,36
C4	17,77	1,77	16,35	5,02	37,61	12,06	31,57	3,29	1,83	73,04	14,19
Atık	839,62	83,65	100,00	0,87	37,31	0,87	37,31	26,95	85,81	99,99	100,01
Besleme	1003,73	100,00	0,00	2,70	36,37	0,00	0,00	99,99	100,01	0,00	0,00
Test 28	Ağırlık			Tenör (%)		Tenör Kum (%)		Verim (%)		Verim Kum (%)	
	gr	%	Kum %	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe
C1	30,31	3,01	3,01	19,50	28,84	19,50	28,84	21,75	2,39	21,75	2,39
C2	63,82	6,34	9,35	15,71	29,91	16,93	29,57	36,90	5,21	58,65	7,60
C3	57,21	5,68	15,04	7,77	32,36	13,47	30,62	16,36	5,06	75,01	12,66
C4	34,75	3,45	18,49	4,44	37,76	11,78	31,95	5,68	3,58	80,68	16,25
Atık	820,33	81,51	100,00	0,64	37,37	0,64	37,37	19,32	83,75	100,01	100,00
Besleme	1006,42	100,00	0,00	2,70	36,37	0,00	0,00	100,01	100,00	0,00	0,00

EK.32. Toplayıcı Karışımları ile Yapılan Testlerin Pirit Hesapları

Test15							
	CuFeS2 Ağırlığı	Kalkopiritten Gelen Fe yüzdesi	Piritten Gelen Fe Yüzdesi	% FeS2	Küm % FeS2	Pirit Verimi	Küm Verim
C1	48,89	14,92	14,35	30,75	30,75	1,30	1,30
C2	34,59	10,56	21,53	46,14	42,30	5,89	7,19
C3	17,54	5,35	30,00	64,28	50,67	6,71	13,90
C4	11,10	3,39	32,11	68,81	52,91	2,66	16,56
Atık	1,85	0,56	36,74	78,72	78,72	83,44	100,00
Test16							
C1	49,39	15,07	13,73	29,42	29,42	1,46	1,46
C2	33,78	10,31	21,02	45,04	40,51	5,47	6,94
C3	16,76	5,11	29,49	63,18	49,01	6,49	13,42
C4	10,17	3,10	31,64	67,79	52,00	3,51	16,94
Atık	1,82	0,56	37,01	79,32	79,32	83,06	100,00
Test17							
C1	53,52	16,33	11,25	24,10	24,10	1,06	1,06
C2	42,25	12,89	16,07	34,43	31,28	3,46	4,52
C3	20,84	6,36	27,31	58,52	40,98	4,68	9,20
C4	12,08	3,69	30,48	65,32	44,86	2,78	11,98
Atık	1,73	0,53	37,14	79,59	79,59	88,02	100,00
Test 18							
C1	51,64	15,76	12,78	27,39	27,39	1,16	1,16
C2	40,95	12,50	17,85	38,26	35,27	4,26	5,42
C3	20,03	6,11	26,99	57,83	43,31	4,93	10,35
C4	11,56	3,53	30,59	65,56	46,45	2,58	12,93
Atık	1,65	0,50	37,12	79,54	79,54	87,07	100,00
Test 19							
C1	49,76	15,19	17,44	37,38	37,38	2,59	2,59
C2	31,76	9,69	20,32	43,54	41,38	5,60	8,19
C3	18,03	5,50	27,54	59,01	46,25	4,46	12,65
C4	11,39	3,47	34,01	72,87	49,62	2,89	15,54
Atık	1,30	0,40	37,18	79,68	79,68	84,46	100,00
Test 20							

C1	53,75	16,40	11,90	25,49	25,49	1,15	1,15
C2	43,35	13,23	15,24	32,66	30,46	3,31	4,46
C3	22,16	6,76	26,61	57,01	40,05	4,72	9,19
C4	13,73	4,19	33,07	70,87	44,99	3,10	12,29
Atik	1,33	0,41	37,21	79,74	79,74	87,71	100,00
Test 21							
C1	54,56	16,65	10,87	23,29	23,29	1,13	1,13
C2	41,67	12,72	15,78	33,82	30,19	3,10	4,23
C3	23,29	7,11	26,51	56,81	40,84	5,31	9,54
C4	13,06	3,99	33,64	72,09	45,82	3,20	12,73
Atik	1,36	0,41	37,19	79,68	79,68	87,27	100,00
Test 22							
C1	53,17	16,23	11,37	24,37	24,37	1,30	1,30
C2	38,06	11,61	17,65	37,81	33,20	3,87	5,18
C3	19,45	5,94	27,04	57,95	41,74	4,76	9,94
C4	14,59	4,45	32,45	69,53	45,71	2,76	12,70
Atik	1,62	0,49	37,21	79,73	79,73	87,30	100,00
Test23							
C1	48,20	14,71	14,00	30,00	30,00	2,39	2,39
C2	31,87	9,73	19,74	42,31	36,90	4,30	6,70
C3	19,51	5,95	26,24	56,22	40,82	2,59	9,29
C4	14,30	4,37	29,12	62,41	42,59	1,27	10,56
Atik	1,62	0,49	35,70	76,49	76,49	89,44	100,00
Test 24							
C1	54,73	16,70	14,68	31,45	31,45	1,77	1,77
C2	39,04	11,91	21,93	46,98	41,27	4,55	6,32
C3	20,23	6,17	29,58	63,38	48,73	4,95	11,27
C4	12,63	3,85	32,37	69,36	51,70	2,69	13,96
Atik	1,62	0,49	36,41	78,01	78,01	86,04	100,00
Test 25							
C1	52,07	15,89	14,22	30,47	30,47	2,15	2,15
C2	37,39	11,41	19,14	41,01	36,48	3,83	5,97
C3	17,40	5,31	27,12	58,12	43,55	4,62	10,59
C4	10,49	3,20	36,99	79,26	48,89	3,39	13,98
Atik	1,59	0,49	36,92	79,12	79,12	86,02	100,00

Test 26							
C1	54,04	16,49	13,51	28,95	28,95	1,69	1,69
C2	37,60	11,47	18,38	39,38	35,70	4,22	5,91
C3	18,55	5,66	26,89	57,62	42,62	4,39	10,30
C4	11,62	3,55	34,73	74,43	46,88	2,79	13,09
Atik	1,53	0,47	37,08	79,46	79,46	86,91	100,00
Test 27							
C1	51,76	15,79	14,93	31,98	31,98	1,98	1,98
C2	36,47	11,13	19,46	41,70	37,59	3,52	5,50
C3	22,11	6,75	24,62	52,76	41,68	2,84	8,34
C4	14,51	4,43	33,18	71,11	44,86	1,73	10,07
Atik	2,51	0,77	36,54	78,31	78,31	89,93	100,00
Test 28							
C1	56,35	17,20	11,64	24,95	24,95	1,03	1,03
C2	45,40	13,85	16,06	34,40	31,36	3,00	4,03
C3	22,45	6,85	25,51	54,66	40,17	4,27	8,29
C4	12,83	3,92	33,84	72,52	46,21	3,44	11,73
Atik	1,85	0,56	36,81	78,87	78,87	88,27	100,00

EK.33. Toplayıcı Karışımları ile Yapılan Testlere Ait Su Verileri

Test 15	Su D.Ö.	Su D.S.	Yaş Ağırlık	Kuru Ağırlık	Kap Dara	M. Su (g)	% Su	Küm % Su
C1	589	556,3	231,7	30,69	147,2	21,11	0,99	0,99
C2	572,9	511,9	326,7	92,27	122,1	51,33	2,42	3,41
C3	600,8	493,3	409	75,61	147,5	78,39	3,69	7,10
C4	618,8	542,3	314	28	147,8	61,7	2,90	10,00
Test 16	Su D.Ö.	Su D.S.	Yaş Ağırlık	Kuru Ağırlık	Kap Dara	M. Su (g)	% Su	Küm % Su
C1	620,4	571,4	261,9	35,11	146,8	30,99	1,45	1,45
C2	599,1	498,5	374,1	85,53	120,1	67,87	3,19	4,64
C3	598,7	436,5	464,6	72,37	145,6	84,43	3,96	8,60
C4	597,3	474,8	380,9	36,61	146,6	75,19	3,53	12,13
Test 17	Su D.Ö.	Su D.S.	Yaş Ağırlık	Kuru Ağırlık	Kap Dara	M. Su (g)	% Su	Küm % Su
C1	607,5	547,1	274,2	32,18	146,8	34,82	1,64	1,64
C2	498,3	397,8	357,5	73,15	120,1	63,75	3,00	4,64
C3	545,3	383,7	451,5	58,26	145,6	86,04	4,05	8,70
C4	474,7	350,3	381,7	31,11	146,6	79,59	3,75	12,44
Test 18	Su D.Ö.	Su D.S.	Yaş Ağırlık	Kuru Ağırlık	Kap Dara	M. Su (g)	% Su	Küm % Su
C1	609,2	552,6	261,8	31	146,8	27,4	1,29	1,29
C2	397,8	297	364,2	81,51	120,1	61,79	2,91	4,20
C3	383,7	223,5	451,8	62,38	145,6	83,62	3,94	8,14
C4	551,2	420,2	385,8	28,82	146,6	79,38	3,74	11,88
Test 19	Su D.Ö.	Su D.S.	Yaş Ağırlık	Kuru Ağırlık	Kap Dara	M. Su (g)	% Su	Küm % Su
C1	612	591,4	253,6	50,03	147,6	35,37	1,66	1,66
C2	616,8	472,3	443,2	92,46	146,6	59,64	2,81	4,47
C3	601	427,3	453,4	54,51	147	78,19	3,68	8,15
C4	603,1	476,1	391,3	28,6	148,7	87	4,09	12,24
Test 20	Su D.Ö.	Su D.S.	Yaş Ağırlık	Kuru Ağırlık	Kap Dara	M. Su (g)	% Su	Küm % Su
C1	491,3	467,6	235,8	32,99	147,6	31,51	1,48	1,48
C2	630,9	470,9	431,8	74,21	146,6	50,99	2,40	3,89

C3	427,3	252,1	470,6	60,67	147	87,73	4,13	8,02
C4	476,1	341,7	395,7	32,09	148,7	80,51	3,79	11,82
Test 21	Su D.Ö.	Su D.S.	Yaş Ağırlık	Kuru Ağırlık	Kap Dara	M. Su (g)	% Su	Küm % Su
C1	615,9	583,5	248,8	34,98	147,6	33,82	1,59	1,59
C2	614,5	503,9	388	66,17	146,6	64,63	3,04	4,63
C3	613,5	421,7	507,9	67,44	147	101,66	4,79	9,42
C4	601,6	465,3	405,7	32,14	148,7	88,56	4,17	13,59
Test 22	Su D.Ö.	Su D.S.	Yaş Ağırlık	Kuru Ağırlık	Kap Dara	M. Su (g)	% Su	Küm % Su
C1	583,2	555	259,9	39,05	147,6	45,05	2,12	2,12
C2	503,8	367,4	434,8	74,7	146,6	77,1	3,63	5,75
C3	595,7	398,7	500,3	59,9	147	96,4	4,54	10,29
C4	465,4	320,4	406,9	28,99	148,7	84,21	3,97	14,26
Test 23	Su D.Ö.	Su D.S.	Yaş Ağırlık	Kuru Ağırlık	Kap Dara	M. Su (g)	% Su	Küm % Su
C1	555,7	524,9	274	56,35	147,6	39,25	1,85	1,85
C2	620,9	467,3	430,9	71,86	146,6	58,84	2,77	4,62
C3	593,9	413,6	425,7	32,64	147	65,76	3,10	7,72
C4	619,1	487,3	368,5	14,38	148,7	73,62	3,47	11,19
Test 24	Su D.Ö.	Su D.S.	Yaş Ağırlık	Kuru Ağırlık	Kap Dara	M. Su (g)	% Su	Küm % Su
C1	524,5	494,9	252,3	40,47	147,6	34,63	1,63	1,63
C2	466,9	345,5	402	69,49	146,6	64,51	3,03	4,66
C3	418,2	264,4	436,6	56,07	147	79,73	3,75	8,41
C4	487	339,3	388,6	27,95	148,7	64,25	3,02	11,43
Test 25	Su D.Ö.	Su D.S.	Yaş Ağırlık	Kuru Ağırlık	Kap Dara	M. Su (g)	% Su	Küm % Su
C1	494,9	469,3	278,8	51,19	147,6	54,41	2,56	2,56
C2	568,2	412,4	428,1	67,87	146,6	57,83	2,72	5,28
C3	566,4	388,7	471,3	57,82	147	88,78	4,18	9,47
C4	601,3	452,8	405,3	31,11	148,7	76,99	3,63	13,09
Test 26	Su D.Ö.	Su D.S.	Yaş Ağırlık	Kuru Ağırlık	Kap Dara	M. Su (g)	% Su	Küm % Su
C1	605,8	567,4	262,1	42,58	147,6	33,52	1,58	1,58
C2	602,7	472,3	432,6	78,22	146,6	77,38	3,65	5,22

C3	597,8	432,4	446	55,72	147	77,88	3,67	8,89
C4	598,6	471	360,6	27,36	148,7	56,94	2,68	11,57
Test 27	Su D.Ö.	Su D.S.	Yaş Ağırlık	Kuru Ağırlık	Kap Dara	M. Su (g)	% Su	Küm % Su
C1	567,3	529,1	258,1	45,18	147,6	27,12	1,28	1,28
C2	472,1	344,3	378,3	61,64	146,6	42,26	1,99	3,27
C3	432,3	257,3	420,3	39,38	147	58,92	2,78	6,04
C4	470,9	323,2	380,3	17,77	148,7	66,13	3,12	9,16
Test 28	Su D.Ö.	Su D.S.	Yaş Ağırlık	Kuru Ağırlık	Kap Dara	M. Su (g)	% Su	Küm % Su
C1	529	501	243	30,26	147,6	37,14	1,75	1,75
C2	344,3	235,6	380	63,65	146,6	61,05	2,88	4,63
C3	583,8	421,2	444,2	57,11	147	77,49	3,65	8,28
C4	581,2	427,5	405,8	34,72	148,7	68,68	3,24	11,51

EK.34. Test 13 ve 14 Test Sonuçları

Test 13	Ağırlık			Tenör (%)		Tenör Kum (%)		Verim (%)		Verim Kum (%)		Zaman
	gr	%	Kum %	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe	
C1	35	3,58	3,58	15,99	33,39	15,99	33,39	22,84	3,50	22,84	3,50	0,5
C2	91	9,30	12,88	10,37	30,11	11,93	31,02	38,52	8,20	61,36	11,70	2
C3	98	10,02	22,90	4,86	31,70	8,84	31,32	19,44	9,30	80,80	21,00	8
Atık	754	77,10	100,00	0,62	35,01	0,62	35,01	19,20	79,00	100,00	100,00	
Besleme	978	100		2,5	34,2			100	100			
Test 14	Ağırlık			Tenör (%)		Tenör Kum (%)		Verim (%)		Verim Kum (%)		Zaman
	gr	%	Kum %	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe	
C1	45,00	4,60	4,60	14,82	33,54	14,82	33,54	26,01	4,72	26,01	4,72	0,5
C2	100,00	10,23	14,83	9,27	30,80	10,99	31,65	36,17	9,62	62,18	14,34	2
C3	113,00	11,56	26,39	4,34	32,93	8,08	32,21	19,11	11,63	81,29	25,97	8
Atık	719,60	73,61	100,00	0,67	32,92	0,67	32,92	18,71	74,03	100,00	100,00	
Besleme	977,60	100,00		2,62	32,73			100,00	100,00			

EK 35. Design Expert Program Çıktıları ve Detaylı Veri Analizleri (Eşitliklerde A: A238; B: SIPX ve C: 3477 dozajını ifade etmektedir.)

Kübik Model	
Copper Recovery =	Pyrite Grade =
82.14891 * A	48.81201746 * A
77.38606 * B	43.58078416 * B
83.91051 * C	46.15186322 * C
9.438683 * A * B	24.5515954 * A * B
9.473055 * A * C	-3.332681479 * A * C
12.11714 * B * C	4.043830901 * B * C
-4.88805 * A * B * C	11.22969958 * A * B * C
-71.4502 * A * B * (A-B)	-57.06834764 * A * B * (A-B)
81.70276 * A * C * (A-C)	9.85985156 * A * C * (A-C)
Copper Grade =	kCu =
11.65427613 * A	0.724784289 * A
11.84736192 * B	1.098784289 * B
11.19364895 * C	0.797284289 * C
-7.684136715 * A * B	-1.138588529 * A * B
-0.163597219 * A * C	0.202137157 * A * C
-1.114433693 * B * C	-1.167588529 * B * C
-12.99987094 * A * B * C	1.384608479 * A * B * C
11.4750067 * A * B * (A-B)	-2.310725686 * A * B * (A-B)
-2.013390609 * A * C * (A-C)	1.036862843 * A * C * (A-C)
Pyrite Recovery =	kPy =
12.76553459 * A	0.172304239 * A
10.23406031 * B	0.429304239 * B
12.81200612 * C	0.209304239 * C
18.96970121 * A * B	-0.334349127 * A * B
0.740701992 * A * C	-0.064783042 * A * C
4.345101489 * B * C	-0.484349127 * B * C
23.76104216 * A * B * C	0.306089776 * A * B * C
-42.55323639 * A * B * (A-B)	-1.199566085 * A * B * (A-B)
17.24148843 * A * C * (A-C)	0.302783042 * A * C * (A-C)

Quadratic Model	
Copper Recovery =	Pyrite Gra =
0.822308853 * Aero 238	0.484228 * Aero 238
0.779867206 * SIPX	0.440399 * SIPX
0.832626814 * 3477	0.460591 * 3477
0.001252042 * Aero 238 * SIPX	0.002534 * Aero 238 * SIPX
0.000783433 * Aero 238 * 3477	-0.00041 * Aero 238 * 3477
0.001082005 * SIPX * 3477	0.000661 * SIPX * 3477
Copper Grade =	kCu =
0.117429592 * Aero 238	0.007132 * Aero 238
0.117696745 * SIPX	0.011161 * SIPX
0.112232191 * 3477	0.007875 * 3477
-0.000852945 * Aero 238 * SIPX	-0.0001 * Aero 238 * SIPX
-3.82733E-05 * Aero 238 * 3477	2.03E-05 * Aero 238 * 3477
-0.000231442 * SIPX * 3477	-0.0001 * SIPX * 3477
Pyrite Recovery =	kPy =
0.125385244 * Aero 238	0.001648 * Aero 238
0.10555455 * SIPX	0.004389 * SIPX
0.126490457 * 3477	0.002065 * 3477
0.002101041 * Aero 238 * SIPX	-3.1E-05 * Aero 238 * SIPX
6.97962E-05 * Aero 238 * 3477	-7.9E-06 * Aero 238 * 3477
0.000677011 * SIPX * 3477	-4.3E-05 * SIPX * 3477

EK 36. Kübik Modeller Kullanıldığında Elde Edilen Optimum Sonuç (R2 Değeri Baz Alınarak Seçilen)

File Edit View Display Options Design Tools Help

Notes for Karisim Deneş T:

Design

- Status
- Evaluation
- Constraints
- Analysis
 - Copper Recovery(A
 - Copper Grade(Anal
 - Pyrite Recovery(An
 - Pyrite Grade(Analyz
 - kCu(Analyzed)
 - kPy(Analyzed)
- Optimization
 - Numerical
 - Graphical
 - Point Prediction

Criteria Solutions Graphs

Solutions 1 2 3

Constraints

Name	Goal	Lower Limit	Upper Limit	Lower Weight	Upper Weight	Importance
Aero 238	is in range	0	100	1	1	3
SIPX	is in range	0	100	1	1	3
3477	is in range	0	100	1	1	3
Copper Recover	maximize	0	87.2651	1	1	5
Copper Grade	maximize	10	12	1	1	5
Pyrite Recovery	minimize	10.0707	16.9362	1	1	5
Pyrite Grade	minimize	42.5853	52.9101	1	1	3
kCu	maximize	0.624	1.215	1	1	3
kPy	minimize	0.106	0.493	1	1	1

Solutions

Number	Aero 238	SIPX	3477	Copper Recover	Copper Grade	Pyrite Recover	Pyrite Grade	kCu	kPy	Desirability	Selected
1	0.00	100.00	0.00	77.3861	11.8474	10.2341	43.5808	1.09878	0.429301	0.838	Selected
2	37.35	0.00	62.65	80.6339	11.4466	11.9476	45.7821	0.75614	0.162404	0.653	
3	96.58	0.26	3.16	84.6646	11.5851	13.2223	48.8194	0.755423	0.17707	0.583	

3 Solutions found

Number of Starting Points 10

Aero 238	SIPX	3477
65.59	1.80	32.61
19.61	73.26	7.13
38.85	24.66	36.49
57.74	9.54	32.72
79.04	20.93	0.03
87.67	7.59	4.74
13.53	25.07	61.40
41.51	34.08	24.41

Solutions Tool

Report

Ramps

Histogram

EK 37. Program Tarafından Önerilen Quadratic (İkincil Derece Denklemler) Modeller Kullanıldığında Elde Edilen Optimum Sonuç

Constraints

Name	Goal	Lower Limit	Upper Limit	Lower Weight	Upper Weight	Importance
Aero 238	is in range	0	100	1	1	3
SIPX	is in range	0	100	1	1	3
3477	is in range	0	100	1	1	3
Copper Recover	maximize	0	87.2651	1	1	5
Copper Grade	maximize	10	12	1	1	5
Pyrite Recovery	minimize	10.0707	16.9362	1	1	5
Pyrite Grade	minimize	42.5853	52.9101	1	1	3
kCu	maximize	0.624	1.215	1	1	3
kPy	minimize	0.106	0.493	1	1	2

Solutions

Number	Aero 238	SIPX	3477	Copper Recover	Copper Grade	Pyrite Recover	Pyrite Grade	kCu	kPy	Desirability	Selected
1	<u>0.00</u>	<u>100.00</u>	<u>0.00</u>	<u>77.9869</u>	<u>11.7696</u>	<u>10.5556</u>	<u>44.04</u>	<u>1.11609</u>	<u>0.438853</u>	<u>0.755</u>	Selected
2	48.79	0.00	51.21	84.7167	11.3812	12.7695	46.185	0.801999	0.166505	0.655	

2 Solutions found

Number of Starting Points 10

Aero 238	SIPX	3477
36.83	3.82	59.35
81.73	15.82	2.45
81.08	1.23	17.69
45.15	4.99	49.86
53.33	16.46	30.21
27.11	31.95	40.94
51.17	1.77	47.06
31.83	9.33	58.84
49.20	4.14	46.66

Solutions Tool

- Report
- Ramps
- Histogram

EK 38. Kübik Modeller İçin Yapılan Anova Analizleri Ve Elde Edilen Eşitlikler

Response: Copper Recovery
ANOVA for Mixture Cubic Model (Aliased)
Analysis of variance table [Partial sum of squares]

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F
Model	96.41	8	12.05	1.10	0.4808
not significant					
<i>Linear Mixture</i>	<i>38.59</i>	<i>2</i>	<i>19.30</i>	<i>1.76</i>	<i>0.2641</i>
<i>AB</i>	<i>4.49</i>	<i>1</i>	<i>4.49</i>	<i>0.41</i>	<i>0.5504</i>
<i>AC</i>	<i>7.49</i>	<i>1</i>	<i>7.49</i>	<i>0.68</i>	<i>0.4463</i>
<i>BC</i>	<i>7.41</i>	<i>1</i>	<i>7.41</i>	<i>0.67</i>	<i>0.4487</i>
<i>ABC</i>	<i>0.026</i>	<i>1</i>	<i>0.026</i>	<i>2.348E-003</i>	<i>0.9632</i>
<i>AB(A-B)</i>	<i>20.93</i>	<i>1</i>	<i>20.93</i>	<i>1.91</i>	<i>0.2258</i>
<i>AC(A-C)</i>	<i>26.70</i>	<i>1</i>	<i>26.70</i>	<i>2.43</i>	<i>0.1795</i>
<i>BC(B-C)</i>	<i>0.000</i>	<i>0</i>			
Residual	54.87	5	10.97		
<i>Lack of Fit</i>	<i>11.88</i>	<i>1</i>	<i>11.88</i>	<i>1.11</i>	<i>0.3524</i>
not significant					
<i>Pure Error</i>	<i>42.99</i>	<i>4</i>	<i>10.75</i>		
Cor Total	151.29	13			

The "Model F-value" of 1.10 implies the model is not significant relative to the noise. There is a 48.08 % chance that a "Model F-value" this large could occur due to noise.

Values of "Prob > F" less than 0.0500 indicate model terms are significant. In this case Linear Mixture Components are significant model terms. Values greater than 0.1000 indicate the model terms are not significant. If there are many insignificant model terms (not counting those required to support hierarchy), model reduction may improve your model.

The "Lack of Fit F-value" of 1.11 implies the Lack of Fit is not significant relative to the pure error. There is a 35.24% chance that a "Lack of Fit F-value" this large could occur due to noise. Non-significant lack of fit is good -- we want the model to fit.

Std. Dev.	3.31	R-Squared	0.6373
Mean	82.77	Adj R-Squared	0.0569
C.V.	4.00	Pred R-Squared	-9.5162
PRESS	1590.98	Adeq Precision	3.169

A negative "Pred R-Squared" implies that the overall mean is a better predictor of your response than the current model.

"Adeq Precision" measures the signal to noise ratio. A ratio of 3.17 indicates an inadequate signal and we should not use this model to navigate the design space.

Component	Coefficient Estimate	DF	Standard Error	95% CI Low	95% CI High
A-Aero 238	82.15	1	2.34	76.13	88.16
B-SIPX	77.39	1	2.34	71.37	83.40
C-3477	83.91	1	2.34	77.90	89.92
AB	9.44	1	14.75	-28.47	47.35
AC	9.47	1	11.47	-20.00	38.95
BC	12.12	1	14.75	-25.80	50.03
ABC	-4.89	1	100.87	-264.19	254.42
AB(A-B)	-71.45	1	51.74	-204.45	61.55
AC(A-C)	81.70	1	52.38	-52.94	216.35

BC(B-C) ALIASED AB(A-B), AC(A-C)

=====

W A R N I N G

The model you selected has terms that are aliased with one another. If you continue, the least squares parameter estimates for aliased models will not be unique and the resulting contour plots will be misleading.

=====

Final Equation in Terms of Pseudo Components:

$$\begin{aligned}
 \text{Copper Recovery} &= \\
 &+82.15 * A \\
 &+77.39 * B \\
 &+83.91 * C \\
 &+9.44 * A * B \\
 &+9.47 * A * C \\
 &+12.12 * B * C \\
 &-4.89 * A * B * C \\
 &-71.45 * A * B * (A-B) \\
 &+81.70 * A * C * (A-C)
 \end{aligned}$$

Final Equation in Terms of Actual Components:

Not available for ALIASED models.

Diagnostics Case Statistics							
n	Standard Order	Actual Value	Predicted Value	Student Residual	Leverage	Cook's Residual	Outlier Distance
	1	80.68	82.15	-1.46	0.499	-	
0.624	0.043	-0.582	10				
	2	81.49	77.39	4.11	0.499	1.750	0.339
	2.516	4					
	3	83.30	83.91	-0.61	0.499	-	
0.261	0.008	-0.235	2				
	4	81.64	82.13	-0.49	0.980	-	
1.041	5.910	-1.051	1				
	5	86.41	85.40	1.02	0.495	0.431	0.020

	0.393	12					
	6	83.19	83.68	-0.49	0.980	-	
1.041	5.910	-1.051	7				
	7	86.03	84.57	1.46	0.820	1.041	0.550
	1.051	14					
	8	87.27	85.80	1.46	0.820	1.041	0.550
	1.051	11					
	9	82.22	84.42	-2.19	0.596	-	
1.041	0.177	-1.051	3				
	10	82.02	80.56	1.46	0.820	1.041	0.550
	1.051	6					
	11	83.37	82.15	1.22	0.499	0.521	0.030
	0.479	9					
	12	84.28	83.91	0.37	0.499	0.157	0.003
	0.141	8					
	13	73.04	77.39	-4.35	0.499	-	
1.854	0.380	-2.967	5				
	14	83.90	85.40	-1.50	0.495	-	
0.638	0.044	-0.595	13				

Proceed to Diagnostic Plots (the next icon in progression). Be sure to look at the:

- 1) Normal probability plot of the studentized residuals to check for normality of residuals.
- 2) Studentized residuals versus predicted values to check for constant error.
- 3) Outlier t versus run order to look for outliers, i.e., influential values.
- 4) Box-Cox plot for power transformations.

If all the model statistics and diagnostic plots are OK, finish up with the Model Graphs icon.

Response: Copper Grade

ANOVA for Mixture Cubic Model (Aliased)

Analysis of variance table [Partial sum of squares]

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F
Model	6.19	8	0.77	2.07	0.2202
not significant					
<i>Linear Mixture</i>	<i>0.034</i>	<i>2</i>	<i>0.017</i>	<i>0.045</i>	<i>0.9566</i>
<i>AB</i>	<i>2.98</i>	<i>1</i>	<i>2.98</i>	<i>7.96</i>	<i>0.0370</i>
<i>AC</i>	<i>2.234E-003</i>	<i>1</i>	<i>2.234E-003</i>	<i>5.969E-003</i>	<i>0.9414</i>
<i>BC</i>	<i>0.063</i>	<i>1</i>	<i>0.063</i>	<i>0.17</i>	<i>0.6993</i>
<i>ABC</i>	<i>0.18</i>	<i>1</i>	<i>0.18</i>	<i>0.49</i>	<i>0.5164</i>
<i>AB(A-B)</i>	<i>0.54</i>	<i>1</i>	<i>0.54</i>	<i>1.44</i>	<i>0.2835</i>
<i>AC(A-C)</i>	<i>0.016</i>	<i>1</i>	<i>0.016</i>	<i>0.043</i>	<i>0.8433</i>
<i>BC(B-C)</i>	<i>0.000</i>	<i>0</i>			
Residual	1.87	5	0.37		
<i>Lack of Fit</i>	<i>1.32</i>	<i>1</i>	<i>1.32</i>	<i>9.57</i>	<i>0.0365</i>
<i>significant</i>					
<i>Pure Error</i>	<i>0.55</i>	<i>4</i>	<i>0.14</i>		
Cor Total	8.06	13			

The "Model F-value" of 2.07 implies the model is not significant relative to the noise. There is a 22.02 % chance that a "Model F-value" this large could occur due to noise. Values of "Prob > F" less than 0.0500 indicate model terms are significant. In this case Linear Mixture Components, AB are significant model terms. Values greater than 0.1000 indicate the model terms are not significant. If there are many insignificant model terms (not counting those required to support hierarchy), model reduction may improve your model.

The "Lack of Fit F-value" of 9.57 implies the Lack of Fit is significant. There is only a 3.65% chance that a "Lack of Fit F-value" this large could occur due to noise. Significant lack of fit is bad -- we want the model to fit.

Std. Dev.	0.61	R-Squared	0.7677
Mean	11.07	Adj R-Squared	0.3961
C.V.	5.52	Pred R-Squared	-18.8422
PRESS	159.86	Adeq Precision	4.113

A negative "Pred R-Squared" implies that the overall mean is a better predictor of your response than the current model.

"Adeq Precision" measures the signal to noise ratio. A ratio greater than 4 is desirable.

Your

ratio of 4.113 indicates an adequate signal. This model can be used to navigate the design space.

Component	Coefficient Estimate	DF	Standard Error	95% CI Low	95% CI High
A-Aero 238	11.65	1	0.43	10.54	12.76
B-SIPX	11.85	1	0.43	10.74	12.96
C-3477	11.19	1	0.43	10.08	12.30
AB	-7.68	1	2.72	-14.69	-0.68
AC	-0.16	1	2.12	-5.61	5.28
BC	-1.11	1	2.72	-8.12	5.89
ABC	-13.00	1	18.63	-60.88	34.88
AB(A-B)	11.48	1	9.55	-13.09	36.04
AC(A-C)	-2.01	1	9.67	-26.88	22.85

BC(B-C) ALIASED AB(A-B), AC(A-C)

=====

W A R N I N G

The model you selected has terms that are aliased with one another. If you continue, the least squares parameter estimates for aliased models will not be unique and the resulting contour plots will be misleading.

=====

Final Equation in Terms of Pseudo Components:

$$\begin{aligned}
&\text{Copper Grade} &= \\
&+11.65 &* A \\
&+11.85 &* B \\
&+11.19 &* C \\
&-7.68 &* A * B \\
&-0.16 &* A * C \\
&-1.11 &* B * C \\
&-13.00 &* A * B * C \\
&+11.48 &* A * B * (A-B) \\
&-2.01 &* A * C * (A-C)
\end{aligned}$$

Final Equation in Terms of Actual Components:

Not available for ALIASED models.

Diagnostics Case Statistics							
n	Standard	Actual	Predicted	Student	Cook's	Outlier	Ru
	Order	Value	Value	Residual	Leverage	Residual	Distance
	t	Order					
	1	11.78	11.65	0.13	0.499	0.294	0.010
	0.266	10					
	2	11.55	11.85	-0.29	0.499	-	
0.681	0.051	-0.639	4				
	3	11.11	11.19	-0.080	0.499	-	
0.185	0.004	-0.166	2				
	4	9.67	9.83	-0.16	0.980	-	
1.878	19.245	-3.093	1				
	5	11.73	11.38	0.34	0.495	0.793	0.068
	0.759	12					
	6	11.08	11.24	-0.16	0.980	-	
1.878	19.245	-3.093	7				
	7	11.48	10.99	0.49	0.820	1.878	1.790
	3.093	14					
	8	10.33	9.85	0.49	0.820	1.878	1.790
	3.093	11					
	9	9.36	10.09	-0.73	0.596	-	
1.878	0.578	-3.093	3				
	10	11.38	10.90	0.49	0.820	1.878	1.790
	3.093	6					
	11	11.45	11.65	-0.21	0.499	-	
0.482	0.026	-0.441	9				
	12	11.19	11.19	-1.151E-003	0.499	-	
0.003	0.000	-0.002	8				
	13	12.06	11.85	0.21	0.499	0.494	0.027
	0.453	5					
	14	10.88	11.38	-0.51	0.495	-	
1.166	0.148	-1.223	13				

Proceed to Diagnostic Plots (the next icon in progression). Be sure to look at the:

- 1) Normal probability plot of the studentized residuals to check for normality of residuals.
- 2) Studentized residuals versus predicted values to check for constant error.
- 3) Outlier t versus run order to look for outliers, i.e., influential values.
- 4) Box-Cox plot for power transformations.

If all the model statistics and diagnostic plots are OK, finish up with the Model Graphs icon.

Response: Pyrite Recovery

ANOVA for Mixture Cubic Model (Aliased)

Analysis of variance table [Partial sum of squares]

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F
Model	44.42	8	5.55	2.99	0.1214
not significant					
<i>Linear Mixture</i>	2.67	2	1.34	0.72	0.5313
<i>AB</i>	18.16	1	18.16	9.78	0.0260
<i>AC</i>	0.046	1	0.046	0.025	0.8814
<i>BC</i>	0.95	1	0.95	0.51	0.5059
<i>ABC</i>	0.61	1	0.61	0.33	0.5917
<i>AB(A-B)</i>	7.42	1	7.42	4.00	0.1020
<i>AC(A-C)</i>	1.19	1	1.19	0.64	0.4599
<i>BC(B-C)</i>	0.000	0			
Residual	9.28	5	1.86		
<i>Lack of Fit</i>	5.18	1	5.18	5.04	0.0881
not significant					
<i>Pure Error</i>	4.11	4	1.03		
Cor Total	53.71	13			

The "Model F-value" of 2.99 implies the model is not significant relative to the noise. There is a 12.14 % chance that a "Model F-value" this large could occur due to noise.

Values of "Prob > F" less than 0.0500 indicate model terms are significant. In this case Linear Mixture Components, AB are significant model terms. Values greater than 0.1000 indicate the model terms are not significant. If there are many insignificant model terms (not counting those required to support hierarchy), model reduction may improve your model.

The "Lack of Fit F-value" of 5.04 implies there is a 8.81% chance that a "Lack of Fit F-value" this large could occur due to noise. Lack of fit is bad -- we want the model to fit.

Std. Dev.	1.36	R-Squared	0.8271
Mean	13.22	Adj R-Squared	0.5506
C.V.	10.31	Pred R-Squared	-10.8215
PRESS	634.89	Adeq Precision	5.736

A negative "Pred R-Squared" implies that the overall mean is a better predictor of your response than the current model.

"Adeq Precision" measures the signal to noise ratio. A ratio greater than 4 is desirable. Your ratio of 5.736 indicates an adequate signal. This model can be used to navigate the design space.

Component	Coefficient Estimate	DF	Standard Error	95% CI Low	95% CI High
A-Aero 238	12.77	1	0.96	10.29	15.24
B-SIPX	10.23	1	0.96	7.76	12.71
C-3477	12.81	1	0.96	10.34	15.29
AB	18.97	1	6.07	3.38	34.56
AC	0.74	1	4.72	-11.38	12.86
BC	4.35	1	6.07	-11.25	19.94
ABC	23.76	1	41.49	-82.90	130.42
AB(A-B)	-42.55	1	21.28	-97.26	12.15
AC(A-C)	17.24	1	21.54	-38.14	72.62
BC(B-C) ALIASED	AB(A-B), AC(A-C)				

=====

W A R N I N G

The model you selected has terms that are aliased with one another. If you continue, the least squares parameter estimates for aliased models will not be unique and the resulting contour plots will be misleading.

=====

Final Equation in Terms of Pseudo Components:

$$\begin{aligned}
 \text{Pyrite Recovery} &= \\
 &+12.77 * A \\
 &+10.23 * B \\
 &+12.81 * C \\
 &+18.97 * A * B \\
 &+0.74 * A * C \\
 &+4.35 * B * C \\
 &+23.76 * A * B * C \\
 &-42.55 * A * B * (A-B) \\
 &+17.24 * A * C * (A-C)
 \end{aligned}$$

Final Equation in Terms of Actual Components:

Not available for ALIASED models.

Diagnostics Case Statistics			Student	Cook's	Outlier	Ru
Standard	Actual	Predicted				
n						

	Order	Value	Value	Residual	Leverage	Residual	Distance
	1	11.73	12.77	-1.03	0.499	-	
1.071	0.127	-1.092	10				
	2	10.56	10.23	0.32	0.499	0.336	0.012
	0.304	4					
	3	12.70	12.81	-0.11	0.499	-	
0.118	0.002	-0.105	2				
	4	16.56	16.24	0.32	0.980	1.670	15.218
	2.245	1					
	5	12.29	12.97	-0.69	0.495	-	
0.708	0.055	-0.667	12				
	6	12.93	12.61	0.32	0.980	1.670	15.218
	2.245	7					
	7	12.73	13.70	-0.96	0.820	-	
1.670	1.416	-2.245	14				
	8	15.54	16.50	-0.96	0.820	-	
1.670	1.416	-2.245	11				
	9	16.94	15.49	1.45	0.596	1.670	0.457
	2.245	3					
	10	11.98	12.95	-0.96	0.820	-	
1.670	1.416	-2.245	6				
	11	13.96	12.77	1.19	0.499	1.238	0.169
	1.330	9					
	12	13.09	12.81	0.27	0.499	0.284	0.009
	0.256	8					
	13	10.07	10.23	-0.16	0.499	-	
0.169	0.003	-0.152	5				
	14	13.98	12.97	1.01	0.495	1.039	0.118
	1.050	13					

Proceed to Diagnostic Plots (the next icon in progression). Be sure to look at the:

- 1) Normal probability plot of the studentized residuals to check for normality of residuals.
- 2) Studentized residuals versus predicted values to check for constant error.
- 3) Outlier t versus run order to look for outliers, i.e., influential values.
- 4) Box-Cox plot for power transformations.

If all the model statistics and diagnostic plots are OK, finish up with the Model Graphs icon.

Response: Pyrite Grade

ANOVA for Mixture Cubic Model (Aliased)

Analysis of variance table [Partial sum of squares]

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F
Model	84.33	8	10.54	1.24	0.4251
not significant					
Linear Mixture	20.46	2	10.23	1.20	0.3750
AB	30.41	1	30.41	3.57	0.1174

AC	0.93	1	0.93	0.11	0.7548
BC	0.83	1	0.83	0.097	0.7682
ABC	0.14	1	0.14	0.016	0.9044
AB(A-B)	13.35	1	13.35	1.57	0.2659
AC(A-C)	0.39	1	0.39	0.046	0.8392
BC(B-C)	0.000	0			
Residual	42.59	5	8.52		
Lack of Fit	16.62	1	16.62	2.56	0.1848
<i>not significant</i>					
Pure Error	25.97	4	6.49		
Cor Total	126.92	13			

The "Model F-value" of 1.24 implies the model is not significant relative to the noise. There is a 42.51 % chance that a "Model F-value" this large could occur due to noise.

Values of "Prob > F" less than 0.0500 indicate model terms are significant. In this case Linear Mixture Components are significant model terms. Values greater than 0.1000 indicate the model terms are not significant. If there are many insignificant model terms (not counting those required to support hierarchy), model reduction may improve your model.

The "Lack of Fit F-value" of 2.56 implies the Lack of Fit is not significant relative to the pure error. There is a 18.48% chance that a "Lack of Fit F-value" this large could occur due to noise. Non-significant lack of fit is good -- we want the model to fit.

Std. Dev.	2.92	R-Squared	0.6644
Mean	47.39	Adj R-Squared	0.1275
C.V.	6.16	Pred R-Squared	-15.4610
PRESS	2089.16	Adeq Precision	3.741

A negative "Pred R-Squared" implies that the overall mean is a better predictor of your response than the current model.

"Adeq Precision" measures the signal to noise ratio. A ratio of 3.74 indicates an inadequate signal and we should not use this model to navigate the design space.

Component	Coefficient Estimate	DF	Standard Error	95% CI Low	95% CI High
A-Aero 238	48.81	1	2.06	43.51	54.11
B-SIPX	43.58	1	2.06	38.28	48.88
C-3477	46.15	1	2.06	40.85	51.45
AB	24.55	1	12.99	-8.85	57.95
AC	-3.33	1	10.10	-29.30	22.63
BC	4.04	1	12.99	-29.36	37.44
ABC	11.23	1	88.87	-217.21	239.67
AB(A-B)	-57.07	1	45.58	-174.24	60.10

AC(A-C) 9.86 1 46.14 -108.76 128.47
 BC(B-C) ALIASED AB(A-B), AC(A-C)

=====

W A R N I N G

The model you selected has terms that are aliased with one another.
 If you continue, the least squares parameter estimates for aliased models
 will not be unique and the resulting contour plots will be misleading.

=====

Final Equation in Terms of Pseudo Components:

Pyrite Grade =
 +48.81 * A
 +43.58 * B
 +46.15 * C
 +24.55 * A * B
 -3.33 * A * C
 +4.04 * B * C
 +11.23 * A * B * C
 -57.07 * A * B * (A-B)
 +9.86 * A * C * (A-C)

Final Equation in Terms of Actual Components:

Not available for ALIASED models.

Diagnostics Case Statistics				Student	Cook's	Outlier	Ru
Standard	Actual	Predicted	Residual				
n	Order	Value	Value				
	t	Order					
	1	46.21	48.81	-2.60	0.499	-	
1.259	0.175	-1.363	10				
	2	42.59	43.58	-1.00	0.499	-	
0.482	0.026	-0.441	4				
	3	45.71	46.15	-0.44	0.499	-	
0.215	0.005	-0.193	2				
	4	52.91	52.33	0.58	0.980	1.397	10.651
	1.600	1					
	5	44.99	46.65	-1.66	0.495	-	
0.801	0.070	-0.767	12				
	6	46.45	45.88	0.58	0.980	1.397	10.651
	1.600	7					
	7	45.82	47.55	-1.73	0.820	-	
1.397	0.991	-1.600	14				
	8	49.62	51.34	-1.73	0.820	-	
1.397	0.991	-1.600	11				
	9	52.00	49.40	2.59	0.596	1.397	0.320
	1.600	3					
	10	44.86	46.59	-1.73	0.820	-	

1.397	0.991	-1.600	6				
	11	51.70	48.81	2.89	0.499	1.399	0.216
	1.603	9					
	12	46.88	46.15	0.73	0.499	0.354	0.014
	0.321	8					
	13	44.86	43.58	1.28	0.499	0.621	0.043
	0.578	5					
	14	48.89	46.65	2.24	0.495	1.079	0.127
	1.101	13					

Proceed to Diagnostic Plots (the next icon in progression). Be sure to look at the:

- 1) Normal probability plot of the studentized residuals to check for normality of residuals.
- 2) Studentized residuals versus predicted values to check for constant error.
- 3) Outlier t versus run order to look for outliers, i.e., influential values.
- 4) Box-Cox plot for power transformations.

If all the model statistics and diagnostic plots are OK, finish up with the Model Graphs icon.

Response: kCu

ANOVA for Mixture Cubic Model (Aliased)

Analysis of variance table [Partial sum of squares]

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F
Model	0.31	8	0.039	1.99	0.2325
not significant					
<i>Linear Mixture</i>	<i>0.13</i>	<i>2</i>	<i>0.065</i>	<i>3.36</i>	<i>0.1191</i>
<i>AB</i>	<i>0.065</i>	<i>1</i>	<i>0.065</i>	<i>3.36</i>	<i>0.1261</i>
<i>AC</i>	<i>3.411E-003</i>	<i>1</i>	<i>3.411E-003</i>	<i>0.18</i>	<i>0.6928</i>
<i>BC</i>	<i>0.069</i>	<i>1</i>	<i>0.069</i>	<i>3.54</i>	<i>0.1188</i>
<i>ABC</i>	<i>2.068E-003</i>	<i>1</i>	<i>2.068E-003</i>	<i>0.11</i>	<i>0.7576</i>
<i>AB(A-B)</i>	<i>0.022</i>	<i>1</i>	<i>0.022</i>	<i>1.13</i>	<i>0.3372</i>
<i>AC(A-C)</i>	<i>4.301E-003</i>	<i>1</i>	<i>4.301E-003</i>	<i>0.22</i>	<i>0.6580</i>
<i>BC(B-C)</i>	<i>0.000</i>	<i>0</i>			
Residual	0.097	5	0.019		
<i>Lack of Fit</i>	<i>4.933E-004</i>	<i>1</i>	<i>4.933E-004</i>	<i>0.020</i>	<i>0.8933</i>
not significant					
<i>Pure Error</i>	<i>0.097</i>	<i>4</i>	<i>0.024</i>		
Cor Total	0.41	13			

The "Model F-value" of 1.99 implies the model is not significant relative to the noise. There is a 23.25 % chance that a "Model F-value" this large could occur due to noise.

Values of "Prob > F" less than 0.0500 indicate model terms are significant. In this case Linear Mixture Components are significant model terms. Values greater than 0.1000 indicate the model terms are not significant. If there are many insignificant model terms (not counting those required to support

hierarchy),
 model reduction may improve your model.

The "Lack of Fit F-value" of 0.02 implies the Lack of Fit is not significant relative to the pure error. There is a 89.33% chance that a "Lack of Fit F-value" this large could occur due to noise. Non-significant lack of fit is good -- we want the model to fit.

Std. Dev.	0.14	R-Squared	0.7610
Mean	0.79	Adj R-Squared	0.3787
C.V.	17.73	Pred R-Squared	-0.0836
PRESS	0.44	Adeq Precision	4.304

A negative "Pred R-Squared" implies that the overall mean is a better predictor of your response than the current model.

"Adeq Precision" measures the signal to noise ratio. A ratio greater than 4 is desirable. Your ratio of 4.304 indicates an adequate signal. This model can be used to navigate the design space.

Component	Coefficient Estimate	DF	Standard Error	95% CI Low	95% CI High
A-Aero 238	0.72	1	0.098	0.47	0.98
B-SIPX	1.10	1	0.098	0.85	1.35
C-3477	0.80	1	0.098	0.54	1.05
AB	-1.14	1	0.62	-2.73	0.46
AC	0.20	1	0.48	-1.04	1.44
BC	-1.17	1	0.62	-2.76	0.43
ABC	1.38	1	4.25	-9.53	12.30
AB(A-B)	-2.31	1	2.18	-7.91	3.29
AC(A-C)	1.04	1	2.20	-4.63	6.70
BC(B-C) ALIASED	AB(A-B), AC(A-C)				

=====

W A R N I N G

The model you selected has terms that are aliased with one another. If you continue, the least squares parameter estimates for aliased models will not be unique and the resulting contour plots will be misleading.

=====

Final Equation in Terms of Pseudo Components:

$$\begin{aligned}
 & \text{kCu} & = \\
 & +0.72 & * A \\
 & +1.10 & * B \\
 & +0.80 & * C \\
 & -1.14 & * A * B
 \end{aligned}$$

+0.20 * A * C
 -1.17 * B * C
 +1.38 * A * B * C
 -2.31 * A * B * (A-B)
 +1.04 * A * C * (A-C)

Final Equation in Terms of Actual Components:

Not available for ALIASED models.

Diagnostics Case Statistics

n	Standard Order	Actual Value Order	Predicted Value	Student Residual	Cook's Leverage	Outlier Residual	Ru Distance
	1	0.65	0.72	-0.079	0.499	-	
0.798	0.070	-0.764	10				
	2	1.22	1.10	0.12	0.499	1.177	0.153
	1.238	4					
	3	0.75	0.80	-0.049	0.499	-	
0.499	0.028	-0.458	2				
	4	0.62	0.63	-3.137E-003	0.980	-	
0.159	0.138	-0.143	1				
	5	0.65	0.81	-0.16	0.495	-	
1.651	0.297	-2.188	12				
	6	0.65	0.66	-3.137E-003	0.980	-	
0.159	0.138	-0.143	7				
	7	0.63	0.62	9.411E-			
003	0.820	0.159	0.013	0.143	14		
	8	0.90	0.89	9.411E-			
003	0.820	0.159	0.013	0.143	11		
	9	0.68	0.69	-0.014	0.596	-	
0.159	0.004	-0.143	3				
	10	0.67	0.66	9.411E-			
003	0.820	0.159	0.013	0.143	6		
	11	0.80	0.72	0.077	0.499	0.782	0.068
	0.747	9					
	12	0.84	0.80	0.048	0.499	0.483	0.026
	0.443	8					
	13	0.98	1.10	-0.12	0.499	-	
1.193	0.157	-1.262	5				
	14	0.97	0.81	0.16	0.495	1.619	0.285
	2.099	13					

Proceed to Diagnostic Plots (the next icon in progression). Be sure to look at the:

1) Normal probability plot of the studentized residuals to check for normality of residuals.

2) Studentized residuals versus predicted values to check for constant error.

- 3) Outlier t versus run order to look for outliers, i.e., influential values.
- 4) Box-Cox plot for power transformations.

If all the model statistics and diagnostic plots are OK, finish up with the Model Graphs icon.

Response: kPy
ANOVA for Mixture Cubic Model (Aliased)
Analysis of variance table [Partial sum of squares]

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F
Model	0.12	8	0.015	3.76	0.0806
not significant					
<i>Linear Mixture</i>	<i>0.096</i>	<i>2</i>	<i>0.048</i>	<i>11.73</i>	<i>0.0129</i>
<i>AB</i>	<i>5.640E-003</i>	<i>1</i>	<i>5.640E-003</i>	<i>1.37</i>	<i>0.2941</i>
<i>AC</i>	<i>3.503E-004</i>	<i>1</i>	<i>3.503E-004</i>	<i>0.085</i>	<i>0.7820</i>
<i>BC</i>	<i>0.012</i>	<i>1</i>	<i>0.012</i>	<i>2.88</i>	<i>0.1504</i>
<i>ABC</i>	<i>1.011E-004</i>	<i>1</i>	<i>1.011E-004</i>	<i>0.025</i>	<i>0.8815</i>
<i>AB(A-B)</i>	<i>5.899E-003</i>	<i>1</i>	<i>5.899E-003</i>	<i>1.44</i>	<i>0.2845</i>
<i>AC(A-C)</i>	<i>3.667E-004</i>	<i>1</i>	<i>3.667E-004</i>	<i>0.089</i>	<i>0.7771</i>
<i>BC(B-C)</i>	<i>0.000</i>	<i>0</i>			
Residual	0.021	5	4.109E-003		
<i>Lack of Fit</i>	<i>3.073E-005</i>	<i>1</i>	<i>3.073E-005</i>	<i>5.993E-003</i>	<i>0.9420</i>
not significant					
<i>Pure Error</i>	<i>0.021</i>	<i>4</i>	<i>5.128E-003</i>		
Cor Total	0.14	13			

The Model F-value of 3.76 implies there is a 8.06% chance that a "Model F-Value" this large could occur due to noise.

Values of "Prob > F" less than 0.0500 indicate model terms are significant. In this case Linear Mixture Components are significant model terms. Values greater than 0.1000 indicate the model terms are not significant. If there are many insignificant model terms (not counting those required to support hierarchy), model reduction may improve your model.

The "Lack of Fit F-value" of 0.01 implies the Lack of Fit is not significant relative to the pure error. There is a 94.20% chance that a "Lack of Fit F-value" this large could occur due to noise. Non-significant lack of fit is good -- we want the model to fit.

Std. Dev.	0.064	R-Squared	0.8574
Mean	0.23	Adj R-Squared	0.6293
C.V.	28.25	Pred R-Squared	0.4089
PRESS	0.085	Adeq Precision	6.031

The "Pred R-Squared" of 0.4089 is not as close to the "Adj R-Squared" of 0.6293 as one might normally expect. This may indicate a large block effect or a possible problem with your model and/or data. Things to consider are model reduction, response transformation, outliers, etc.

"Adeq Precision" measures the signal to noise ratio. A ratio greater than 4 is desirable. Your ratio of 6.031 indicates an adequate signal. This model can be used to navigate the design space.

Component	Coefficient Estimate	DF	Standard Error	95% CI Low	95% CI High
A-Aero 238	0.17	1	0.045	0.056	0.29
B-SIPX	0.43	1	0.045	0.31	0.55
C-3477	0.21	1	0.045	0.093	0.33
AB	-0.33	1	0.29	-1.07	0.40
AC	-0.065	1	0.22	-0.64	0.51
BC	-0.48	1	0.29	-1.22	0.25
ABC	0.31	1	1.95	-4.71	5.32
AB(A-B)	-1.20	1	1.00	-3.77	1.37
AC(A-C)	0.30	1	1.01	-2.30	2.91
BC(B-C) ALIASED	AB(A-B), AC(A-C)				

=====

W A R N I N G

The model you selected has terms that are aliased with one another. If you continue, the least squares parameter estimates for aliased models will not be unique and the resulting contour plots will be misleading.

=====

Final Equation in Terms of Pseudo Components:

$$\begin{aligned}
 & \text{kPy} = \\
 & +0.17 * A \\
 & +0.43 * B \\
 & +0.21 * C \\
 & -0.33 * A * B \\
 & -0.065 * A * C \\
 & -0.48 * B * C \\
 & +0.31 * A * B * C \\
 & -1.20 * A * B * (A-B)
 \end{aligned}$$

$$+0.30 * A * C * (A-C)$$

Final Equation in Terms of Actual Components:

Not available for ALIASED models.

Diagnostics Case Statistics							
n	Standard	Actual	Predicted	Student	Cook's	Outlier	Ru
	Order	Value	Value	Residual	Leverage	Residual	Distance
	t	Order					
	1	0.11	0.17	-0.066	0.499	-	
1.461	0.236	-1.726	10				
	2	0.49	0.43	0.064	0.499	1.404	0.218
	1.613	4					
	3	0.19	0.21	-0.022	0.499	-	
0.491	0.027	-0.451	2				
	4	0.22	0.22	7.830E-			
004	0.980	0.086	0.041	0.077	1		
	5	0.14	0.17	-0.036	0.495	-	
0.782	0.067	-0.746	12				
	6	0.20	0.20	7.830E-			
004	0.980	0.086	0.041	0.077	7		
	7	0.12	0.12	2.349E-003	0.820	-	
0.086	0.004	-0.077	14				
	8	0.33	0.33	2.349E-003	0.820	-	
0.086	0.004	-0.077	11				
	9	0.19	0.18	3.524E-			
003	0.596	0.086	0.001	0.077	3		
	10	0.16	0.16	2.349E-003	0.820	-	
0.086	0.004	-0.077	6				
	11	0.24	0.17	0.067	0.499	1.470	0.239
	1.744	9					
	12	0.23	0.21	0.023	0.499	0.500	0.028
	0.459	8					
	13	0.37	0.43	-0.063	0.499	-	
1.395	0.215	-1.596	5				
	14	0.21	0.17	0.036	0.495	0.799	0.070
	0.765	13					

Proceed to Diagnostic Plots (the next icon in progression). Be sure to look at the:

- 1) Normal probability plot of the studentized residuals to check for normality of residuals.
- 2) Studentized residuals versus predicted values to check for constant error.
- 3) Outlier t versus run order to look for outliers, i.e., influential values.
- 4) Box-Cox plot for power transformations.

If all the model statistics and diagnostic plots are OK, finish up with the Model Graphs icon.

EK 39. Quadratic Modeller İçin Yapılan Anova Analizleri Ve Elde Edilen Eşitlikler

Use your mouse to right click on individual cells for definitions.

Response: Copper Recovery

ANOVA for Mixture Quadratic Model

Analysis of variance table [Partial sum of squares]

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F
Model	64.12	5	12.82	1.18	0.3980
not significant					
<i>Linear Mixture</i>	<i>38.59</i>	<i>2</i>	<i>19.30</i>	<i>1.77</i>	<i>0.2308</i>
<i>AB</i>	<i>10.12</i>	<i>1</i>	<i>10.12</i>	<i>0.93</i>	<i>0.3634</i>
<i>AC</i>	<i>5.69</i>	<i>1</i>	<i>5.69</i>	<i>0.52</i>	<i>0.4904</i>
<i>BC</i>	<i>7.56</i>	<i>1</i>	<i>7.56</i>	<i>0.69</i>	<i>0.4291</i>
Residual	87.17	8	10.90		
<i>Lack of Fit</i>	<i>44.18</i>	<i>4</i>	<i>11.05</i>	<i>1.03</i>	<i>0.4898</i>
not significant					
<i>Pure Error</i>	<i>42.99</i>	<i>4</i>	<i>10.75</i>		
Cor Total	151.29	13			

The "Model F-value" of 1.18 implies the model is not significant relative to the noise. There is a 39.80 % chance that a "Model F-value" this large could occur due to noise.

Values of "Prob > F" less than 0.0500 indicate model terms are significant. In this case Linear Mixture Components are significant model terms. Values greater than 0.1000 indicate the model terms are not significant. If there are many insignificant model terms (not counting those required to support hierarchy), model reduction may improve your model.

The "Lack of Fit F-value" of 1.03 implies the Lack of Fit is not significant relative to the pure error. There is a 48.98% chance that a "Lack of Fit F-value" this large could occur due to noise. Non-significant lack of fit is good -- we want the model to fit.

Std. Dev.	3.30	R-Squared	0.4238
Mean	82.77	Adj R-Squared	0.0637
C.V.	3.99	Pred R-Squared	-0.7234
PRESS	260.74	Adeq Precision	3.109

A negative "Pred R-Squared" implies that the overall mean is a better predictor of your response than the current model.

"Adeq Precision" measures the signal to noise ratio. A ratio of 3.11 indicates an inadequate signal and we should not use this model to navigate the design space.

Component	Coefficient Estimate	DF	Standard Error	95% CI Low	95% CI High
A-Aero 238	82.23	1	2.29	76.95	87.51
B-SIPX	77.99	1	2.29	72.71	83.26
C-3477	83.26	1	2.29	77.98	88.55
AB	12.52	1	12.99	-17.44	42.48
AC	7.83	1	10.84	-17.16	32.83
BC	10.82	1	12.99	-19.14	40.78

Final Equation in Terms of Pseudo Components:

$$\begin{aligned}
 \text{Copper Recovery} &= \\
 &+82.23 \quad * \text{ A} \\
 &+77.99 \quad * \text{ B} \\
 &+83.26 \quad * \text{ C} \\
 &+12.52 \quad * \text{ A} * \text{ B} \\
 &+7.83 \quad * \text{ A} * \text{ C} \\
 &+10.82 \quad * \text{ B} * \text{ C}
 \end{aligned}$$

Final Equation in Terms of Real Components:

$$\begin{aligned}
 \text{Copper Recovery} &= \\
 &+82.23089 \quad * \text{ Aero 238} \\
 &+77.98672 \quad * \text{ SIPX} \\
 &+83.26268 \quad * \text{ 3477} \\
 &+12.52042 \quad * \text{ Aero 238} * \text{ SIPX} \\
 &+7.83433 \quad * \text{ Aero 238} * \text{ 3477} \\
 &+10.82005 \quad * \text{ SIPX} * \text{ 3477}
 \end{aligned}$$

Final Equation in Terms of Actual Components:

$$\begin{aligned}
 \text{Copper Recovery} &= \\
 &+0.82231 \quad * \text{ Aero 238} \\
 &+0.77987 \quad * \text{ SIPX} \\
 &+0.83263 \quad * \text{ 3477} \\
 &+1.25204\text{E-}003 \quad * \text{ Aero 238} * \text{ SIPX} \\
 &+7.83433\text{E-}004 \quad * \text{ Aero 238} * \text{ 3477} \\
 &+1.08201\text{E-}003 \quad * \text{ SIPX} * \text{ 3477}
 \end{aligned}$$

Diagnostics Case Statistics						
n	Standard Order	Actual Value Order	Predicted Value	Student Residual	Cook's Leverage	Outlier Distance
0.651	0.066	80.68	82.23	-1.55	0.482	-
		-0.625	10			

	2	81.49	77.99	3.50	0.481	1.473	0.335
	1.615	4					
	3	83.30	83.26	0.035	0.482	0.015	0.000
	0.014	2					
	4	81.64	83.24	-1.60	0.715	-	
0.907	0.344	-0.896	1				
	5	86.41	84.71	1.71	0.423	0.681	0.057
	0.656	12					
	6	83.19	83.33	-0.14	0.715	-	
0.079	0.003	-0.074	7				
	7	86.03	84.26	1.77	0.195	0.597	0.014
	0.572	14					
	8	87.27	82.38	4.88	0.222	1.676	0.134
	1.947	11					
	9	82.22	84.62	-2.40	0.223	-	
0.825	0.033	-0.807	3				
	10	82.02	84.63	-2.61	0.195	-	
0.881	0.031	-0.868	6				
	11	83.37	82.23	1.14	0.482	0.479	0.036
	0.455	9					
	12	84.28	83.26	1.02	0.482	0.428	0.028
	0.405	8					
	13	73.04	77.99	-4.95	0.481	-	
2.081	0.668	-2.874	5				
	14	83.90	84.71	-0.81	0.423	-	
0.323	0.013	-0.304	13				

Proceed to Diagnostic Plots (the next icon in progression). Be sure to look at the:

- 1) Normal probability plot of the studentized residuals to check for normality of residuals.
- 2) Studentized residuals versus predicted values to check for constant error.
- 3) Outlier t versus run order to look for outliers, i.e., influential values.
- 4) Box-Cox plot for power transformations.

If all the model statistics and diagnostic plots are OK, finish up with the Model Graphs icon.

Use your mouse to right click on individual cells for definitions.

Response: Copper Grade

ANOVA for Mixture Quadratic Model

Analysis of variance table [Partial sum of squares]

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F
Model	5.42	5	1.08	3.30	0.0654
not significant					
<i>Linear Mixture</i>	<i>0.034</i>	<i>2</i>	<i>0.017</i>	<i>0.051</i>	<i>0.9506</i>
<i>AB</i>	<i>4.70</i>	<i>1</i>	<i>4.70</i>	<i>14.27</i>	<i>0.0054</i>
<i>AC</i>	<i>0.014</i>	<i>1</i>	<i>0.014</i>	<i>0.041</i>	<i>0.8441</i>
<i>BC</i>	<i>0.35</i>	<i>1</i>	<i>0.35</i>	<i>1.05</i>	<i>0.3353</i>

Residual	2.63	8	0.33		
<i>Lack of Fit</i>	2.08	4	0.52	3.77	0.1134
<i>not significant</i>					
<i>Pure Error</i>	0.55	4	0.14		
Cor Total	8.06	13			

The Model F-value of 3.30 implies there is a 6.54% chance that a "Model F-Value" this large could occur due to noise.

Values of "Prob > F" less than 0.0500 indicate model terms are significant. In this case Linear Mixture Components, AB are significant model terms. Values greater than 0.1000 indicate the model terms are not significant. If there are many insignificant model terms (not counting those required to support hierarchy), model reduction may improve your model.

The "Lack of Fit F-value" of 3.77 implies the Lack of Fit is not significant relative to the pure error. There is a 11.34% chance that a "Lack of Fit F-value" this large could occur due to noise. Non-significant lack of fit is good -- we want the model to fit.

Std. Dev.	0.57	R-Squared	0.6732
Mean	11.07	Adj R-Squared	0.4690
C.V.	5.18	Pred R-Squared	0.3129
PRESS	5.54	Adeq Precision	5.714

The "Pred R-Squared" of 0.3129 is in reasonable agreement with the "Adj R-Squared" of 0.4690.

"Adeq Precision" measures the signal to noise ratio. A ratio greater than 4 is desirable. Your ratio of 5.714 indicates an adequate signal. This model can be used to navigate the design space.

Component	Coefficient Estimate	DF	Standard Error	95% CI Low	95% CI High
A-Aero 238	11.74	1	0.40	10.82	12.66
B-SIPX	11.77	1	0.40	10.85	12.69
C-3477	11.22	1	0.40	10.31	12.14
AB	-8.53	1	2.26	-13.74	-3.32
AC	-0.38	1	1.88	-4.73	3.96
BC	-2.31	1	2.26	-7.52	2.89

Final Equation in Terms of Pseudo Components:

$$\begin{aligned} \text{Copper Grade} &= \\ &+11.74 \quad * \text{ A} \\ &+11.77 \quad * \text{ B} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&+11.22 && * C \\
&-8.53 && * A * B \\
&-0.38 && * A * C \\
&-2.31 && * B * C
\end{aligned}$$

Final Equation in Terms of Real Components:

$$\begin{aligned}
\text{Copper Grade} &= \\
&+11.74296 * \text{Aero 238} \\
&+11.76967 * \text{SIPX} \\
&+11.22322 * 3477 \\
&-8.52945 * \text{Aero 238} * \text{SIPX} \\
&-0.38273 * \text{Aero 238} * 3477 \\
&-2.31442 * \text{SIPX} * 3477
\end{aligned}$$

Final Equation in Terms of Actual Components:

$$\begin{aligned}
\text{Copper Grade} &= \\
&+0.11743 * \text{Aero 238} \\
&+0.11770 * \text{SIPX} \\
&+0.11223 * 3477 \\
&-8.52945\text{E-}004 * \text{Aero 238} * \text{SIPX} \\
&-3.82733\text{E-}005 * \text{Aero 238} * 3477 \\
&-2.31442\text{E-}004 * \text{SIPX} * 3477
\end{aligned}$$

Diagnostics Case Statistics				Student	Cook's	Outlier	Ru
n	Standard	Actual	Predicted	Residual	Residual	Distance	
	Order	Value	Value	Leverage	Residual	Distance	
	1	11.78	11.74	0.039	0.482	0.094	0.001
	2	11.55	11.77	-0.22	0.481	-	
0.526	3	11.11	11.22	-0.11	0.482	-	
0.265	4	9.67	9.62	0.044	0.715	0.142	0.008
	5	11.73	11.39	0.34	0.423	0.781	0.074
	6	11.08	10.92	0.16	0.715	0.528	0.117
	7	11.48	10.61	0.87	0.195	1.695	0.116
	8	10.33	10.46	-0.13	0.222	-	
0.249	9	9.36	10.33	-0.97	0.223	-	
1.925	10	11.38	10.86	0.52	0.195	1.006	0.041

	1.006	6					
	11	11.45	11.74	-0.30	0.482	-	
0.720	0.080	-0.696	9				
	12	11.19	11.22	-0.031	0.482	-	
0.074	0.001	-0.070	8				
	13	12.06	11.77	0.29	0.481	0.705	0.077
	0.681	5					
	14	10.88	11.39	-0.51	0.423	-	
1.173	0.168	-1.206	13				

Proceed to Diagnostic Plots (the next icon in progression). Be sure to look at the:

- 1) Normal probability plot of the studentized residuals to check for normality of residuals.
- 2) Studentized residuals versus predicted values to check for constant error.
- 3) Outlier t versus run order to look for outliers, i.e., influential values.
- 4) Box-Cox plot for power transformations.

If all the model statistics and diagnostic plots are OK, finish up with the Model Graphs icon.

Response: Pyrite Recovery

ANOVA for Mixture Quadratic Model

Analysis of variance table [Partial sum of squares]

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F	
Model	36.53	5	7.31	3.40	0.0608	
not significant						
<i>Linear Mixture</i>	<i>2.67</i>	<i>2</i>	<i>1.34</i>	<i>0.62</i>	<i>0.5609</i>	
<i>AB</i>	<i>28.50</i>	<i>1</i>	<i>28.50</i>	<i>13.27</i>	<i>0.0066</i>	
<i>AC</i>	<i>0.045</i>	<i>1</i>	<i>0.045</i>	<i>0.021</i>	<i>0.8883</i>	
<i>BC</i>	<i>2.96</i>	<i>1</i>	<i>2.96</i>	<i>1.38</i>	<i>0.2742</i>	
Residual	17.18	8	2.15			
<i>Lack of Fit</i>	<i>13.07</i>	<i>4</i>	<i>3.27</i>	<i>3.18</i>	<i>0.1441</i>	
not significant						
<i>Pure Error</i>	<i>4.11</i>	<i>4</i>	<i>1.03</i>			
Cor Total	53.71	13				

The Model F-value of 3.40 implies there is a 6.08% chance that a "Model F-Value" this large could occur due to noise.

Values of "Prob > F" less than 0.0500 indicate model terms are significant.

In this case Linear Mixture Components, AB are significant model terms.

Values greater than 0.1000 indicate the model terms are not significant.

If there are many insignificant model terms (not counting those required to support hierarchy),

model reduction may improve your model.

The "Lack of Fit F-value" of 3.18 implies the Lack of Fit is not significant relative to the pure error. There is a 14.41% chance that a "Lack of Fit F-value" this large could occur due to noise. Non-significant lack of fit is good -- we want the model to fit.

Std. Dev.	1.47	R-Squared	0.6801
Mean	13.22	Adj R-Squared	0.4801
C.V.	11.09	Pred R-Squared	0.2863
PRESS	38.33	Adeq Precision	6.508

The "Pred R-Squared" of 0.2863 is in reasonable agreement with the "Adj R-Squared" of 0.4801.

"Adeq Precision" measures the signal to noise ratio. A ratio greater than 4 is desirable. Your ratio of 6.508 indicates an adequate signal. This model can be used to navigate the design space.

Component	Coefficient Estimate	DF	Standard Error	95% CI Low	95% CI High
A-Aero 238	12.54	1	1.02	10.19	14.88
B-SIPX	10.56	1	1.02	8.21	12.90
C-3477	12.65	1	1.02	10.30	14.99
AB	21.01	1	5.77	7.71	34.31
AC	0.70	1	4.81	-10.40	11.79
BC	6.77	1	5.77	-6.53	20.07

Final Equation in Terms of Pseudo Components:

$$\begin{aligned}
 \text{Pyrite Recovery} &= \\
 &+12.54 \quad * A \\
 &+10.56 \quad * B \\
 &+12.65 \quad * C \\
 &+21.01 \quad * A * B \\
 &+0.70 \quad * A * C \\
 &+6.77 \quad * B * C
 \end{aligned}$$

Final Equation in Terms of Real Components:

$$\begin{aligned}
 \text{Pyrite Recovery} &= \\
 &+12.53852 \quad * \text{Aero 238} \\
 &+10.55545 \quad * \text{SIPX} \\
 &+12.64905 \quad * 3477 \\
 &+21.01041 \quad * \text{Aero 238} * \text{SIPX} \\
 &+0.69796 \quad * \text{Aero 238} * 3477 \\
 &+6.77011 \quad * \text{SIPX} * 3477
 \end{aligned}$$

Final Equation in Terms of Actual Components:

$$\begin{aligned}
 \text{Pyrite Recovery} &= \\
 &+0.12539 * \text{Aero 238} \\
 &+0.10555 * \text{SIPX} \\
 &+0.12649 * \text{3477} \\
 &+2.10104\text{E-}003 * \text{Aero 238} * \text{SIPX} \\
 &+6.97962\text{E-}005 * \text{Aero 238} * \text{3477} \\
 &+6.77011\text{E-}004 * \text{SIPX} * \text{3477}
 \end{aligned}$$

Diagnostics Case Statistics							
n	Standard	Actual	Predicted	Student	Cook's	Outlier	Ru
	Order	Value	Value	Residual	Leverage	Residual	Distance
	t	Order					
0.765	0.091	11.73	12.54	-0.81	0.482	-	
		-0.743	10				
003	0.481	10.56	10.56	2.666E-			
		0.003	0.000	0.002	4		
		12.70	12.65	0.049	0.482	0.047	0.000
	0.044	2					
0.302	0.038	16.56	16.80	-0.24	0.715	-	
		-0.284	1				
0.431	0.023	12.29	12.77	-0.48	0.423	-	
		-0.408	12				
0.465	0.091	12.93	13.29	-0.36	0.715	-	
		-0.441	7				
1.593	0.103	12.73	14.83	-2.09	0.195	-	
		-1.804	14				
		15.54	14.34	1.20	0.222	0.925	0.041
	0.916	11					
		16.94	15.08	1.86	0.223	1.438	0.099
	1.562	3					
1.301	0.068	11.98	13.70	-1.71	0.195	-	
		-1.371	6				
		13.96	12.54	1.42	0.482	1.347	0.281
	1.433	9					
		13.09	12.65	0.44	0.482	0.414	0.027
	0.392	8					
0.459	0.033	10.07	10.56	-0.48	0.481	-	
		-0.435	5				
		13.98	12.77	1.21	0.423	1.089	0.145
	1.103	13					

Proceed to Diagnostic Plots (the next icon in progression). Be sure to look at the:

1) Normal probability plot of the studentized residuals to check for normality of residuals.

2) Studentized residuals versus predicted values to check for constant error.

- 3) Outlier t versus run order to look for outliers, i.e., influential values.
- 4) Box-Cox plot for power transformations.

If all the model statistics and diagnostic plots are OK, finish up with the Model Graphs icon.

Use your mouse to right click on individual cells for definitions.

Response: Pyrite Grade

ANOVA for Mixture Quadratic Model

Analysis of variance table [Partial sum of squares]

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F
Model	69.11	5	13.82	1.91	0.1978
not significant					
<i>Linear Mixture</i>	<i>20.46</i>	<i>2</i>	<i>10.23</i>	<i>1.42</i>	<i>0.2976</i>
<i>AB</i>	<i>41.45</i>	<i>1</i>	<i>41.45</i>	<i>5.74</i>	<i>0.0435</i>
<i>AC</i>	<i>1.57</i>	<i>1</i>	<i>1.57</i>	<i>0.22</i>	<i>0.6537</i>
<i>BC</i>	<i>2.82</i>	<i>1</i>	<i>2.82</i>	<i>0.39</i>	<i>0.5495</i>
Residual	57.81	8	7.23		
<i>Lack of Fit</i>	<i>31.84</i>	<i>4</i>	<i>7.96</i>	<i>1.23</i>	<i>0.4240</i>
<i>not significant</i>					
<i>Pure Error</i>	<i>25.97</i>	<i>4</i>	<i>6.49</i>		
Cor Total	126.92	13			

The "Model F-value" of 1.91 implies the model is not significant relative to the noise. There is a 19.78 % chance that a "Model F-value" this large could occur due to noise.

Values of "Prob > F" less than 0.0500 indicate model terms are significant. In this case Linear Mixture Components, AB are significant model terms. Values greater than 0.1000 indicate the model terms are not significant. If there are many insignificant model terms (not counting those required to support hierarchy), model reduction may improve your model.

The "Lack of Fit F-value" of 1.23 implies the Lack of Fit is not significant relative to the pure error. There is a 42.40% chance that a "Lack of Fit F-value" this large could occur due to noise. Non-significant lack of fit is good -- we want the model to fit.

Std. Dev.	2.69	R-Squared	0.5445
Mean	47.39	Adj R-Squared	0.2598
C.V.	5.67	Pred R-Squared	-0.1556
PRESS	146.67	Adeq Precision	4.845

A negative "Pred R-Squared" implies that the overall mean is a better predictor of your response than the current model.

"Adeq Precision" measures the signal to noise ratio. A ratio greater than 4 is desirable. Your ratio of 4.845 indicates an adequate signal. This model can be used to navigate the design space.

Component	Coefficient Estimate	DF	Standard Error	95% CI Low	95% CI High
A-Aero 238	48.42	1	1.87	44.12	52.73
B-SIPX	44.04	1	1.86	39.74	48.34
C-3477	46.06	1	1.87	41.76	50.36
AB	25.34	1	10.58	0.94	49.74
AC	-4.11	1	8.83	-24.47	16.24
BC	6.61	1	10.58	-17.79	31.01

Final Equation in Terms of Pseudo Components:

$$\begin{aligned}
 \text{Pyrite Grade} &= \\
 &+48.42 \quad * \text{ A} \\
 &+44.04 \quad * \text{ B} \\
 &+46.06 \quad * \text{ C} \\
 &+25.34 \quad * \text{ A} * \text{ B} \\
 &-4.11 \quad * \text{ A} * \text{ C} \\
 &+6.61 \quad * \text{ B} * \text{ C}
 \end{aligned}$$

Final Equation in Terms of Real Components:

$$\begin{aligned}
 \text{Pyrite Grade} &= \\
 &+48.42281 \quad * \text{ Aero 238} \\
 &+44.03992 \quad * \text{ SIPX} \\
 &+46.05907 \quad * \text{ 3477} \\
 &+25.34044 \quad * \text{ Aero 238} * \text{ SIPX} \\
 &-4.11204 \quad * \text{ Aero 238} * \text{ 3477} \\
 &+6.61119 \quad * \text{ SIPX} * \text{ 3477}
 \end{aligned}$$

Final Equation in Terms of Actual Components:

$$\begin{aligned}
 \text{Pyrite Grade} &= \\
 &+0.48423 \quad * \text{ Aero 238} \\
 &+0.44040 \quad * \text{ SIPX} \\
 &+0.46059 \quad * \text{ 3477} \\
 &+2.53404\text{E-}003 \quad * \text{ Aero 238} * \text{ SIPX} \\
 &-4.11204\text{E-}004 \quad * \text{ Aero 238} * \text{ 3477} \\
 &+6.61119\text{E-}004 \quad * \text{ SIPX} * \text{ 3477}
 \end{aligned}$$

Diagnostics Case Statistics			Student	Cook's	Outlier	Ru
Standard	Actual	Predicted				
n						

	Order	Value	Value	Residual	Leverage	Residual	Distance
	1	46.21	48.42	-2.21	0.482	-	
1.144	0.203	-1.170	10				
	2	42.59	44.04	-1.45	0.481	-	
0.751	0.087	-0.729	4				
	3	45.71	46.06	-0.35	0.482	-	
0.181	0.005	-0.170	2				
	4	52.91	52.57	0.34	0.715	0.240	0.024
	0.225	1					
	5	44.99	46.21	-1.23	0.423	-	
0.600	0.044	-0.574	12				
	6	46.45	46.70	-0.25	0.715	-	
0.174	0.013	-0.163	7				
	7	45.82	49.84	-4.02	0.195	-	
1.665	0.112	-1.928	14				
	8	49.62	48.54	1.07	0.222	0.453	0.010
	0.429	11					
	9	52.00	49.27	2.73	0.223	1.151	0.063
	1.179	3					
	10	44.86	47.10	-2.24	0.195	-	
0.928	0.035	-0.919	6				
	11	51.70	48.42	3.28	0.482	1.695	0.445
	1.980	9					
	12	46.88	46.06	0.82	0.482	0.426	0.028
	0.403	8					
	13	44.86	44.04	0.82	0.481	0.426	0.028
	0.403	5					
	14	48.89	46.21	2.67	0.423	1.309	0.209
	1.381	13					

Proceed to Diagnostic Plots (the next icon in progression). Be sure to look at the:

- 1) Normal probability plot of the studentized residuals to check for normality of residuals.
- 2) Studentized residuals versus predicted values to check for constant error.
- 3) Outlier t versus run order to look for outliers, i.e., influential values.
- 4) Box-Cox plot for power transformations.

If all the model statistics and diagnostic plots are OK, finish up with the Model Graphs icon.

Use your mouse to right click on individual cells for definitions.

Response: kCu

ANOVA for Mixture Quadratic Model

Analysis of variance table [Partial sum of squares]

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F
Model	0.29	5	0.057	3.80	0.0464
Linear Mixture	0.13	2	0.065	4.33	0.0531
AB	0.067	1	0.067	4.43	0.0684
AC	3.826E-003	1	3.826E-003	0.25	0.6279
BC	0.069	1	0.069	4.59	0.0646
Residual	0.12	8	0.015		
Lack of Fit	0.024	4	5.955E-003	0.25	0.8983
Pure Error	0.097	4	0.024		
Cor Total	0.41	13			

The Model F-value of 3.80 implies the model is significant. There is only a 4.64% chance that a "Model F-Value" this large could occur due to noise.

Values of "Prob > F" less than 0.0500 indicate model terms are significant. In this case Linear Mixture Components are significant model terms. Values greater than 0.1000 indicate the model terms are not significant. If there are many insignificant model terms (not counting those required to support hierarchy), model reduction may improve your model.

The "Lack of Fit F-value" of 0.25 implies the Lack of Fit is not significant relative to the pure error. There is a 89.83% chance that a "Lack of Fit F-value" this large could occur due to noise. Non-significant lack of fit is good -- we want the model to fit.

Std. Dev.	0.12	R-Squared	0.7037
Mean	0.79	Adj R-Squared	0.5185
C.V.	15.61	Pred R-Squared	0.0302
PRESS	0.39	Adeq Precision	5.671

The "Pred R-Squared" of 0.0302 is not as close to the "Adj R-Squared" of 0.5185 as one might normally expect. This may indicate a large block effect or a possible problem with your model and/or data. Things to consider are model reduction, response transformation, outliers, etc.

"Adeq Precision" measures the signal to noise ratio. A ratio greater than 4 is desirable. Your ratio of 5.671 indicates an adequate signal. This model can be used to navigate the design space.

Component	Coefficient Estimate	DF	Standard Error	95% CI Low	95% CI High
A-Aero 238	0.71	1	0.085	0.52	0.91

B-SIPX	1.12	1	0.085	0.92	1.31
C-3477	0.79	1	0.085	0.59	0.98
AB	-1.02	1	0.48	-2.13	0.097
AC	0.20	1	0.40	-0.73	1.13
BC	-1.03	1	0.48	-2.15	0.079

Final Equation in Terms of Pseudo Components:

$$\begin{aligned}
 kCu &= \\
 +0.71 &* A \\
 +1.12 &* B \\
 +0.79 &* C \\
 -1.02 &* A * B \\
 +0.20 &* A * C \\
 -1.03 &* B * C
 \end{aligned}$$

Final Equation in Terms of Real Components:

$$\begin{aligned}
 kCu &= \\
 +0.71316 &* \text{Aero 238} \\
 +1.11611 &* \text{SIPX} \\
 +0.78754 &* \text{3477} \\
 -1.01697 &* \text{Aero 238} * \text{SIPX} \\
 +0.20312 &* \text{Aero 238} * \text{3477} \\
 -1.03468 &* \text{SIPX} * \text{3477}
 \end{aligned}$$

Final Equation in Terms of Actual Components:

$$\begin{aligned}
 kCu &= \\
 +7.13162E-003 &* \text{Aero 238} \\
 +0.011161 &* \text{SIPX} \\
 +7.87543E-003 &* \text{3477} \\
 -1.01697E-004 &* \text{Aero 238} * \text{SIPX} \\
 +2.03117E-005 &* \text{Aero 238} * \text{3477} \\
 -1.03468E-004 &* \text{SIPX} * \text{3477}
 \end{aligned}$$

Diagnostics Case Statistics				Student	Cook's	Outlier	Ru
n	Standard	Actual	Predicted	Residual	Leverage	Distance	
	Order	Value	Value				
0.760	0.089	0.65	0.71	-0.067	0.482	-	
	2	-0.738	1.12	0.099	0.481	1.118	0.193
	1.139	1.22	1.12				
	3	0.75	0.79	-0.040	0.482	-	
0.447	0.031	-0.424	2				

	4	0.62	0.66	-0.036	0.715	-	
0.555	0.129	-0.530	1				
	5	0.65	0.80	-0.15	0.423	-	
1.642	0.329	-1.886	12				
	6	0.65	0.69	-0.040	0.715	-	
0.613	0.157	-0.587	7				
	7	0.63	0.67	-0.047	0.195	-	
0.423	0.007	-0.400	14				
	8	0.90	0.77	0.13	0.222	1.174	0.066
	1.207	11					
	9	0.68	0.67	0.010	0.223	0.094	0.000
	0.088	3					
	10	0.67	0.71	-0.035	0.195	-	
0.320	0.004	-0.301	6				
	11	0.80	0.71	0.089	0.482	1.005	0.157
	1.006	9					
	12	0.84	0.79	0.057	0.482	0.650	0.065
	0.625	8					
	13	0.98	1.12	-0.14	0.481	-	
1.527	0.360	-1.698	5				
	14	0.97	0.80	0.17	0.423	1.832	0.410
	2.249	13					

Proceed to Diagnostic Plots (the next icon in progression). Be sure to look at the:

- 1) Normal probability plot of the studentized residuals to check for normality of residuals.
- 2) Studentized residuals versus predicted values to check for constant error.
- 3) Outlier t versus run order to look for outliers, i.e., influential values.
- 4) Box-Cox plot for power transformations.

If all the model statistics and diagnostic plots are OK, finish up with the Model Graphs icon.

Use your mouse to right click on individual cells for definitions.

Response: kPy

ANOVA for Mixture Quadratic Model

Analysis of variance table [Partial sum of squares]

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F
Model	0.12	5	0.023	6.96	0.0087
Linear Mixture	0.096	2	0.048	14.31	0.0023
AB	6.154E-003	1	6.154E-003	1.83	0.2134
AC	5.747E-004	1	5.747E-004	0.17	0.6904
BC	0.012	1	0.012	3.55	0.0962
Residual	0.027	8	3.368E-003		
Lack of Fit	6.428E-003	4	1.607E-003	0.31	0.8564

Pure Error	0.021	4	5.128E-003
Cor Total	0.14	13	

The Model F-value of 6.96 implies the model is significant. There is only a 0.87% chance that a "Model F-Value" this large could occur due to noise.

Values of "Prob > F" less than 0.0500 indicate model terms are significant. In this case Linear Mixture Components are significant model terms. Values greater than 0.1000 indicate the model terms are not significant. If there are many insignificant model terms (not counting those required to support hierarchy), model reduction may improve your model.

The "Lack of Fit F-value" of 0.31 implies the Lack of Fit is not significant relative to the pure error. There is a 85.64% chance that a "Lack of Fit F-value" this large could occur due to noise. Non-significant lack of fit is good -- we want the model to fit.

Std. Dev.	0.058	R-Squared	0.8130
Mean	0.23	Adj R-Squared	0.6962
C.V.	25.57	Pred R-Squared	0.3834
PRESS	0.089	Adeq Precision	7.276

The "Pred R-Squared" of 0.3834 is not as close to the "Adj R-Squared" of 0.6962 as one might normally expect. This may indicate a large block effect or a possible problem with your model and/or data. Things to consider are model reduction, response tranformation, outliers, etc.

"Adeq Precision" measures the signal to noise ratio. A ratio greater than 4 is desirable. Your ratio of 7.276 indicates an adequate signal. This model can be used to navigate the design space.

Component	Coefficient Estimate	DF	Standard Error	95% CI Low	95% CI High
A-Aero 238	0.16	1	0.040	0.072	0.26
B-SIPX	0.44	1	0.040	0.35	0.53
C-3477	0.21	1	0.040	0.11	0.30
AB	-0.31	1	0.23	-0.84	0.22
AC	-0.079	1	0.19	-0.52	0.36
BC	-0.43	1	0.23	-0.96	0.096

Final Equation in Terms of Pseudo Components:

$$kPy = +0.16 * A$$

+0.44 * B
 +0.21 * C
 -0.31 * A * B
 -0.079 * A * C
 -0.43 * B * C

Final Equation in Terms of Real Components:

kPy =
 +0.16481 * Aero 238
 +0.43886 * SIPX
 +0.20653 * 3477
 -0.30875 * Aero 238 * SIPX
 -0.078714 * Aero 238 * 3477
 -0.43046 * SIPX * 3477

Final Equation in Terms of Actual Components:

kPy =
 +1.64812E-003 * Aero 238
 +4.38860E-003 * SIPX
 +2.06526E-003 * 3477
 -3.08751E-005 * Aero 238 * SIPX
 -7.87143E-006 * Aero 238 * 3477
 -4.30465E-005 * SIPX * 3477

Diagnostics Case Statistics						
n	Standard	Actual	Predicted	Student	Cook's	Outlier Ru
	Order	Value	Value	Residual	Residual	Distance
	t	Order		Leverage		
	1	0.11	0.16	-0.059	0.482	-
1.408	0.307	-1.518	10			
	2	0.49	0.44	0.054	0.481	1.295
	1.362	4				0.259
	3	0.19	0.21	-0.020	0.482	-
0.467	0.034	-0.443	2			
	4	0.22	0.22	-6.648E-003	0.715	-
0.215	0.019	-0.201	1			
	5	0.14	0.17	-0.027	0.423	-
0.612	0.046	-0.587	12			
	6	0.20	0.22	-0.016	0.715	-
0.519	0.113	-0.494	7			
	7	0.12	0.16	-0.045	0.195	-
0.873	0.031	-0.858	14			
	8	0.33	0.27	0.057	0.222	1.111
	1.130	11				0.059
	9	0.19	0.18	7.815E-		
0.03	0.223	0.153	0.001	0.143	3	
	10	0.16	0.17	-0.017	0.195	-

0.329	0.004	-0.310	6				
	11	0.24	0.16	0.074	0.482	1.776	0.489
	2.134	9					
	12	0.23	0.21	0.025	0.482	0.610	0.058
	0.584	8					
	13	0.37	0.44	-0.073	0.481	-	
1.742	0.469	-2.069	5				
	14	0.21	0.17	0.045	0.423	1.021	0.127
	1.024	13					

Proceed to Diagnostic Plots (the next icon in progression). Be sure to look at the:

- 1) Normal probability plot of the studentized residuals to check for normality of residuals.
- 2) Studentized residuals versus predicted values to check for constant error.
- 3) Outlier t versus run order to look for outliers, i.e., influential values.
- 4) Box-Cox plot for power transformations.

If all the model statistics and diagnostic plots are OK, finish up with the Model Graphs icon.

EK 40. Madde Denkliği Veri Tablosu

TEST 29	Deneysel				Hesaplanan					Hesaplanan Verim %			
	TPH	Cu	Fe	Zn	TPH	Cu	Fe	Zn	Py	Py	Cu	Zn	Fe
Cu Conc	2,18	20,56	30,19	1,02	2,18	20,53	30,22	1,02	26,83	0,79	14,91	2,22	1,83
Tem 3 Atık	6,89	15,10	30,72	1,47	6,89	14,76	30,88	1,47	39,62	3,69	33,89	10,10	5,91
Tem 2 Atık	6,96	9,19	32,67	1,82	6,96	9,06	32,78	1,82	55,05	5,17	21,01	12,63	6,34
Tem 1 Süpürme Atık	2,21	4,33	38,01	1,18	2,21	4,32	38,04	1,18	76,05	2,27	3,18	2,60	2,34
Tem 1 Süpürme Kons	0,73	5,87	39,06	1,82	0,73	5,86	39,07	1,82	75,31	0,74	1,43	1,33	0,79
Nihai Atık	81,03	0,95	35,70	0,89	81,03	0,95	36,77	0,88	79,84	87,34	25,58	71,12	82,79
Besleme	100,00	3,00	37,35	0,98	100,00	3,00	35,99	1,00	74,07	100,00	100,00	100,00	100,00
Kaba Flot. Kons	0,00	0,00	0,00	0,00	18,97	11,77	32,65	1,52	49,43	12,66	74,42	28,88	17,21
Tem 1 Atık	0,00	0,00	0,00	0,00	2,94	4,70	38,30	1,34	75,87	3,01	4,61	3,93	3,13
Tem 1 Kons	0,00	0,00	0,00	0,00	16,03	13,07	31,62	1,56	44,58	9,65	69,81	24,95	14,08
Tem 2 Kons	0,00	0,00	0,00	0,00	9,07	16,15	30,72	1,36	36,54	4,47	48,80	12,32	7,74

TEST 30	Deneysel				Hesaplanan					Hesaplanan Verim %			
	TPH	Cu	Fe	Zn	TPH	Cu	Fe	Zn	Py	Py	Cu	Zn	Fe
Cu Conc	2,54	24,70	28,04	1,46	2,54	26,44	27,53	1,46	9,24	0,31	22,40	3,81	1,93
Tem 3 Atık	5,71	15,71	28,91	2,04	5,71	17,50	28,49	2,04	28,92	2,21	33,31	11,97	4,49
Tem 2 Atık	4,43	10,14	31,20	2,10	4,42	10,64	31,11	2,10	48,22	2,86	15,71	9,56	3,80
Tem 1 Süpürme Atık	5,33	2,56	37,44	0,91	5,33	2,70	37,45	0,91	77,91	5,56	4,81	4,99	5,51
Tem 1 Süpürme Kons	1,77	7,18	37,85	2,25	1,77	7,27	37,84	2,25	69,81	1,66	4,29	4,10	1,85
Nihai Atık	80,21	0,72	36,46	0,79	80,10	0,73	37,29	0,80	81,43	87,40	19,49	65,57	82,43
Besleme	100,00	3,00	37,35	0,98	99,87	3,00	36,28	0,97	74,73	100,00	100,00	100,00	100,00
Kaba Flot. Kons	0,00	0,00	0,00	0,00	19,77	12,21	32,20	1,69	47,58	12,60	80,51	34,43	17,57
Tem 1 Atık	0,00	0,00	0,00	0,00	7,10	3,84	37,55	1,24	75,89	7,22	9,10	9,09	7,36
Tem 1 Kons	0,00	0,00	0,00	0,00	12,67	16,90	29,21	1,95	31,72	5,39	71,41	25,34	10,21
Tem 2 Kons	0,00	0,00	0,00	0,00	8,25	20,25	28,19	1,86	22,86	2,53	55,71	15,78	6,42

TEST 31	Deneysel				Hesaplanan					Hesaplanan Verim %			
	TPH	Cu	Fe	Zn	TPH	Cu	Fe	Zn	Py	Py	Cu	Zn	Fe
Cu Conc	0,21	26,38	26,77	1,58	0,21	26,38	26,77	1,58	7,66	0,02	1,84	0,34	0,15
Tem 3 Atık	4,70	21,44	27,44	2,07	4,70	21,45	27,45	2,07	18,88	1,17	33,42	9,85	3,50
Tem 2 Atık	3,42	14,17	29,77	2,45	3,42	14,17	29,78	2,45	38,34	1,73	16,07	8,48	2,76
Tem 1 Süpürme Atık	6,67	5,68	38,74	1,42	6,67	5,68	38,77	1,42	75,00	6,59	12,56	9,59	7,02
Tem 1 Süpürme Kons	2,15	12,10	35,93	3,02	2,15	12,10	35,94	3,02	56,10	1,59	8,63	6,57	2,10
Nihai Atık	82,85	1,00	37,16	0,78	82,85	1,00	37,56	0,78	81,51	88,91	27,48	65,18	84,46
Besleme	100,00	3,02	37,35	0,98	100,00	3,02	36,84	0,99	75,95	100,00	100,00	100,00	100,00
Kaba Flot. Kons	0,00	0,00	0,00	0,00	17,15	12,75	33,38	2,01	49,12	11,09	72,52	34,82	15,54
Tem 1 Atık	0,00	0,00	0,00	0,00	8,82	7,25	38,08	1,81	70,39	8,17	21,19	16,16	9,12
Tem 1 Kons	0,00	0,00	0,00	0,00	8,33	18,58	28,39	2,21	26,59	2,92	51,33	18,66	6,42
Tem 2 Kons	0,00	0,00	0,00	0,00	4,91	21,66	27,43	2,05	18,40	1,19	35,26	10,18	3,65

EK 41. Tez Numunelerinin Alındığı Güne Ait Tesis Verileri

						31.12.2015
	1. Vardiya	2. Vardiya	3. Vardiya	TOPLAM		
				Günlük	Aylık	Yıllık
Çubuklu Değirmen Çalışma Süresi (Dak)	480	480	480	1.440	38.245	411.801
İşlenen Cevher (Ton)	1.695	1.675	1.675	5.045	120.180	1.208.708
İşlenen Kuru Cevher (Ton)	1.663	1.647	1.629	4.939	118.289	1.188.194
Besleme Tenörü (%Cu)	2,505	2,770	2,150	2,476	2,804	2,332
Atık Tenörü (%Cu)	0,375	0,475	0,340	0,396	0,333	0,344
Konsantre Tenörü (%Cu)	17,960	17,335	17,735	17,660	18,042	17,662
Hesabi Bakır Konsantre(Ton)	201	224	170	595	16.503	136.406
Pirite Giden Miktar (Ton)	1.494	1.451	1.505	4.450	103.677	1.072.302
Bakır Randımanı (%)	86,843	85,186	85,832	85,935	89,772	86,944
Filtre Yaş Bakır (Ton)	200	185	210	595	15.369	148.781
Filtre Yaş Pirit (Ton)				0	1.260	66.416
% Cu Nem	8,21	8,86	8,94	8,67	9,08	9,30
% Pirit Nem					9,42	10,88

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı: Selin Aşık

Doğum Yeri: Ankara

Medeni Hali: Bekar

E-posta: selinasik@live.com

Adresi: Kuru Mah. 2641. Sokak Güzelçatı Sitesi 4/7 Çayyolu/Ankara

Eğitim

Lisans: Hacettepe Üniversitesi- Maden Mühendisliği Bölümü – 2014

Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce (İleri Seviye)

İş Deneyimleri

Anadolu Plazma Teknoloji Merkezi, Proje Sorumlusu, 2014-2016

Labris Madencilik, Satış Destek Mühendisi, 2016-...

Deneyim Alanları

-

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

-

Tezden Üretilmiş Yayınlar

-

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

-



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 17/01/2018

Tez Başlığı / Konusu: Farklı Toplayıcı Türleri Ve Karışımlarının Bir Sülfürlü Cevherin Flotasyon Performansına Etkisi

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 77 sayfalık kısmına ilişkin, 17/01/2018 tarihinde tez danışmanım tarafından *Turnitin*. adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 6 'dır.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç/dâhil
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orjinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Tarih ve İmza

17.01.2018

Adı Soyadı: Selin AŞIK
Öğrenci No: 114127809
Anabilim Dalı: Maden Mühendisliği
Programı: _____
Statüsü: Y.Lisans Doktora Bütünleşik Dr.

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

Yrd. Doç. Dr. Özlem BİÇAK

(Unvan, Ad Soyad, İmza)