
TÜRKİYE'NİN İLK DEMİR GEVHERİ KONSANTRASYON VE PELETLEME TESİSLERİ İŞLETMEYE ALINDI

Ergün TUNCER (*)
Erses ÖZCAN (**)
AU BAŞDAĞ (***)
Necati YILDIZ (**)
A.İhsan AROL (****)

ÖZET

Türkiye'nin gelişen demir-çelik sanayisine nitelikli hammadde sağlamak amacıyla kurulan Divriği Madenleri Konsantrasyon ve Peletleme Tesisleri son iki yıl içinde önce konsantrasyon, sonra pelet tesisi olmak üzere başarı ile işletmeye alınmıştır. İşletmeye alma sırasında elde edilen sonuçlara dayanarak özellikle konsantrasyon akım şemasında önemli değişiklikler yapılmıştır. Pelet tesisinde de proje kapasitesinin % 10-15 oranında üzerine çıkılabileceği belirlenmiştir. Bu tebliğde tesislerin akım şemaları verilmiş, işletmeye alma sırasında karşılaşılan zorluklar ve çözümleri sunulmuştur.

ABSTRACT

Divriği Concentration and Pelletizing Plants built to supply quality raw material to the growing Turkish Iron and Steel Industry were successfully put into operation within the past two years. During the start-up and commissioning phase the flowsheet of the concentrator was altered according to the plant practice. It was also determined that the pelletizing plant can run 10 to 15% above its designed capacity. In this paper, Difficulties encountered during the start-up and commissioning phase and their solutions are presented.

* Bilfer Madencilik A.Ş., ANKABA

** Maden Y. Müh., Divriği Madenleri Müessesesi, SİVAS

*** Dr. Maden. Müh., Divriği Madenleri Müessesesi, SİVAS

**** Y. Doç. Dr., Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Böl., ANKARA

1. GİRİŞ

Demir-çelik sanayimizin gereksinimi olan yüksek tenörlü demir cevheri rezervleri hızla tükenmekte ve daha düşük tenörlü cevherleri kullanmak zorunlu hale gelmektedir. Bu cevherlerin yüksek fırınlarda kullanılabilmesi istenilen kimyasal ve fiziksel özelliklere kavuşturulmalarına bağlıdır.

Kurulduğu 1938 yılından beri Türkiye demir cevheri talebinin büyük bir kısmını Divriği Madenleri Müessesesi karşılamaktadır. İşletmeye açıldığı günden, konsantrasyon ve pelet tesislerinin devreye alındığı güne kadar Müessese parça cevher üretmiş, ancak bu üretim tenorun yüksek olduğu cevher yatağının orta kısımlarında gerçekleştirilmiştir. Cevher tenörü kontak zonlar ve derinlere gidildiğinde bir düşme göstermiş, bilhassa kükürt ve alkali ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) gibi yüksek fırınlar için istenmeyen safsızlıkların oranı artmıştır. Bu da cevherin bir zenginleştirme işleminden geçirilmesini zorunlu kılmıştır. Konsantrasyon ve peletleme tesislerinin sırası ile 1985 ve 1986 yıllarında devreye alınmasıyla birlikte, Divriği Madenleri Müessesesi demir-çelik sanayisine daha nitelikli hammadde sunmaya başlamıştır. Üretilen peletlerin kullanıldığı yüksek fırınlarda önemli ölçülerde kok tasarrufu ve verim artışları sağlanmıştır (1).

İrili ufaklı birçok demir cevheri ocağının işletildiği Divriği Bölgesinde Divriği Madenleri Müessesesi'nin işlettiği ocaklar A ve B kafa ile C plaserini içerir. Eunlardan C plaseri 1982 yılında rezervinin tükenmesi nedeniyle kapatılmıştır. A-Kafa'daki cevher çoğunlukla manyetit, B-Kafa'daki ise hematitdir. Konsantratör'de işlenen cevher A-Kafa'dan gelmektedir. A-Kafa pirometazomitak tipli bir yataktır. Cevher ana olarak siyenit ve kireçtaşı arasında bulunmakta olup, kontak hatlarında serpantin girişimleri mevcuttur. Yatağın üst kısımlarında kısmen martitleşme söz konusudur. Bunun yanında hematit, pirit, limonit, markasit, klorit ve kalkopirit yan mineral olarak bulunmaktadır. Ortalama kimyasal analizi Çizelge 1'de verilen A-Kafa cevher yatağının görünür rezervi 60 milyon tondur. Ancak şu andaki kotlarda genellikle hematit mineralinin hakim olduğu B-Kafa yatağında derinlere doğru gidildiğinde manyetit oranı artmaktadır. Bu nedenle ileriki yıllarda B-Kafa cevherinin Konsantratör'de zenginleştirilmesi kaçınılmaz olacaktır. Bu da mevcut A-Kafa rezervine 10-15 milyon ton bir rezerv eklenmesi anlamına gelmektedir.

A ve B kafa ocaklarında cevher açık işletme yöntemi ile çıkarılmaktadır. Basamak yüksekliği 12-m ve dekapaj (m^3)/cevher (ton) oranı 0,5'dir. Ocakta elektrikli ekskavatörlerle kamyonlara yüklenen cevher ocak içindeki üretim kuyularına dökülür. Bu kuyuların altında bulunan döner kırıcılarda boyutu 170 mm'nin altına indirilen cevher galeri konveyör-kuyu-açık konveyörler ile sekonder ve tersiyer kırıcı-

Çizelge 1 — A Kafa cevheri ortalama kimyasal analizleri

	%
Fe(Hcl)	54,0
FeO	18,9
Feü03	56,6
SiO2	9,4
Al2O3	2,8
CaO	2,0
MgO	2,66
P	0,07
S	1,6
Ni	0,156
Cu	0,042
Mn	0,08
TiO2	0,18
L.O.I	3,18

lara taşınır. Bu kırıcılarda boyutu 25 mm altına indirilerek konsantrasyon tesisine Fe tenörü, manyetit/hematit oranı, sertlik ve tane boyutu açısından düzgün bir besleme sağlamak için toplam kapasitesi 150 bin ton olan harmanlama sahasına yığılır.

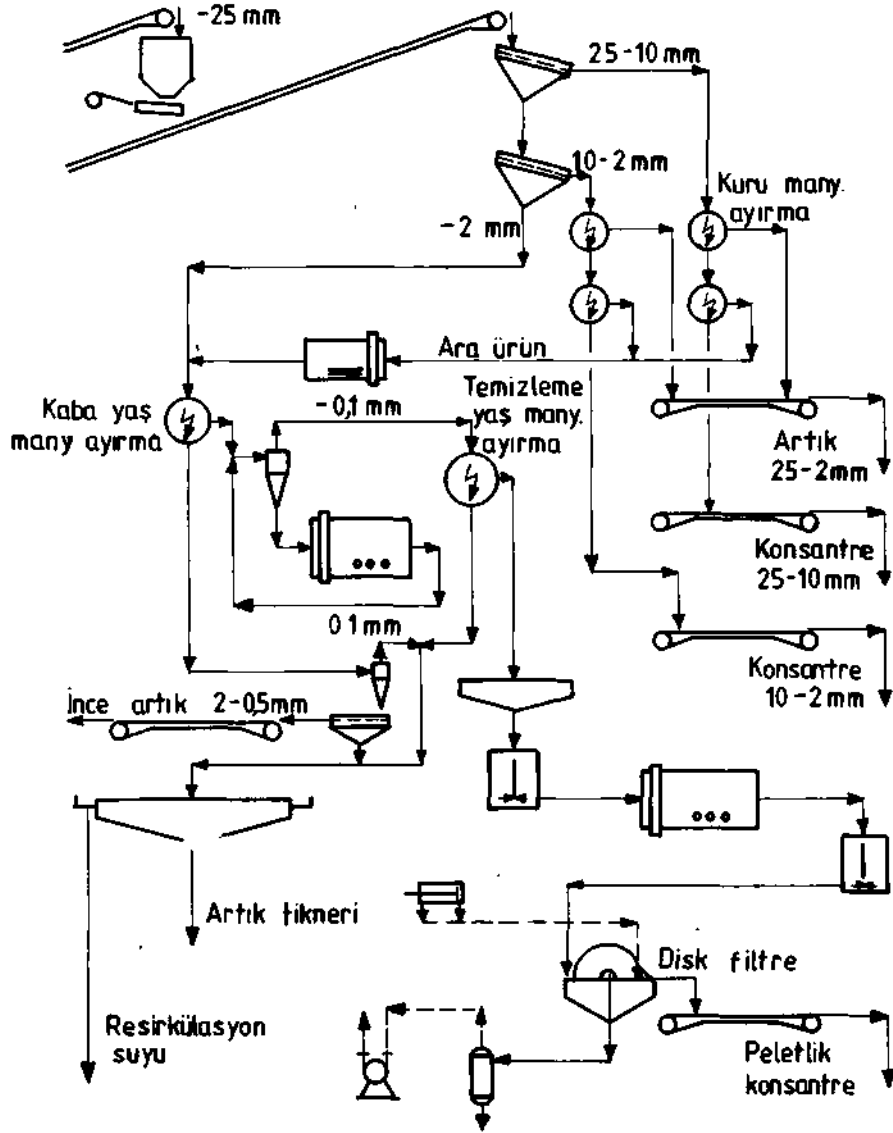
2. KONSANTRATÖR

2.1. Akım Şeması

Divriği Konsantratörü'nün tasarım ve yapımı Fried KRUPP GmbH, Krupp Industrie und Stahlbau, Duisburg, Rheinhausen, Batı Almanya v© Gama Endüstri Tesisleri İmalat ve Montaj A.Ş.'nden oluşan bir Türk-Batı Alman Konsorsiyumu tarafından gerçekleştirilmiştir. Tesisin devreye alma çalışmaları Temmuz 1985 başında başlatılmış ve ilk konsantre 5 Eylül 1985 tarihinde elde edilmiştir.

2.1.1. Tasarlanan Akım Şeması

Konsantratörün çalışma ilkesi ebat küçültme işlemi (kırma-öğütme) ile gang minerallerinden serbest hale gelen manyetitin mıknatıslarla (manyetik separatörler) ayrılmasıdır. Tesisin pilot çaptaki deneylere dayanarak geliştirilmiş akım şeması Şekil 1'de verilmiştir. Bu şemaya göre tesiste saatte 670 ton (4 milyon ton/yıl) cevher işlenmesi öngörülmüştür. 1,9 milyon t/yıl sinterlik konsantre ve 1,3 milyon t/yıl peleük ince konsantre elde edileceği planlanmıştır. Bu akım



Şekil 1 — Divriği konsantrasyon tesisinin tasarım akım şeması

şemasına göre harmanlama sahasından alınan —25 mm'ye kırılmış cevher önce 10 mm, sonra 2 mm'lik eleklerde elenmekte, elek üstleri kuru manyetik ayırıcılarda zenginleştirilerek konsantre, araürün ve artık elde edilmektedir. Konsantreler birleştirilerek sinterlik malzeme (nihai ürün) olarak yüksek fırınlara gönderilmektedir. Ara ürün bir çubuklu değirmende —2 mm'ye öğütülüp, —2 elek altı ile birlikte yaş manyetik zenginleştirmeye tabi tutulmaktadır. Buradan alınan % 63-64 Fe içeren konsantre bilyalı değirmenlerde —0.1 mm'ye öğütüldükten sonra yeniden yaş manyetik ayırıcılarda zenginleştirilerek % 67-68 Fe içeren nihai konsantre elde edilir. Bu nihai konsantrenin tane boyutunun peletleme işlemi için uygun olmaması nedeniyle bir başka bilyalı değirmende % 80'i 45 mikronun altında (1650-1750 cm²/g BLAİNE) olacak şekilde öğütülür. Buradan çıkan konsantre pelet tesisine beslenmek üzere diks filitrelerde filtrelenir. Bu akım şemasından elde edilen ürünlerin ortalama kimyasal analizleri Çizelge 2'de verilmiştir.

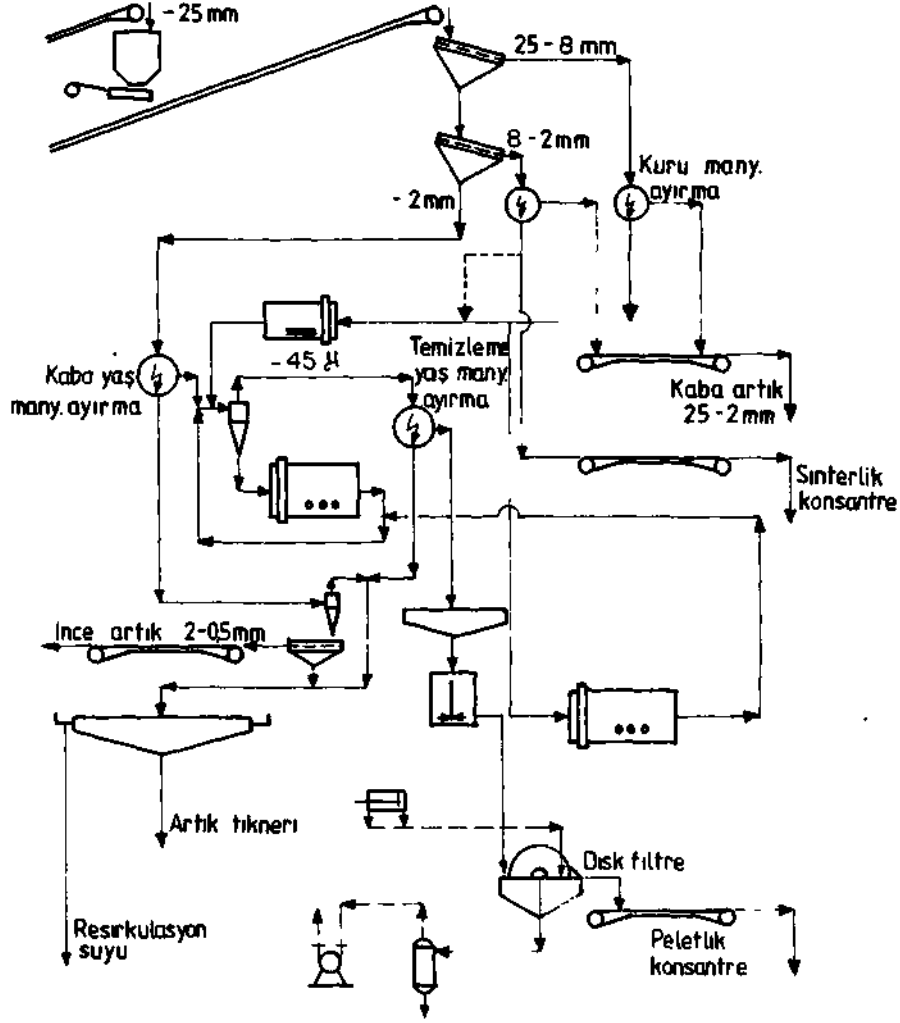
Çizelge 2 — Tasarım akım şemasıyla elde edilen ürünlerin ortalama kimyasal analizleri

	<i>Sinterlik Konsantre f25-2 mm)</i>	<i>Peletlik Konsantre (-45 u)</i>
Fe	62,8	67,8
FeO	24,3	24,5
Fes04	77,9	80,5
SiOz	4,5	1,83
Al2O3	1,2	0,60
CaO	1,0	0,22
MgO	2,1	0,77
Na ₂ O	0,36	0,25
KzO	0,60	0,17
P	0,037	0,018
S	1,80	0,27
Cu	0,037	0,024
Ni	0,12	0,05
Mn	0,07	0,05
TiO2	0,10	0,10

2.1.2. Değiştirilmiş Akım Şeması

Konsantratör devreye alınırken yapılan gözlemler ve madencilik, konsantrasyon, peletleme, sinterleme ve yüksek fırın proseslerinin ekonomik yanlarının tek bir başlık altında incelenmesiyle ortaya çıkan görünüm yukarıda özetle verilen akım şemasının değiştirilme-

sine yol açmıştır. Akım şemasının değiştirilmesine yol açan nedenler ve Şekil 2'de görülen değişiklikler şöyle sıralanabilir:



Şekil 2 — Divriği konsantrasyon tesisinin değiştirilmiş akım şeması

1. Tesisi devreye alma çalışmaları sırasında —2 mm'lik yaş manyetik seperatör konsantresinin peletleme işlemi için gerekli inceliğe tek kademeyle öğütülebileceği görülmüştür. Orijinal tasarımda iki kademeyle, önce 2 mm'den —0,1 mm'ye sonra —0,1 mm'den —45 mikrona, yapılan öğütmede harcanan enerji 19 kwh/t iken (2), tek kademeyle yapılan öğütmede bu 14,9 kwh/t'a düşmüştür. Enerji harcamasına ek olarak öğütme ortamı, değirmen astarı, pompa işletme maliyetleri v.s. gözönüne alındığında tek kademeyle yapılan öğütmenin çok daha ekonomik olduğu görülür.

2. Düşük tonajlarda çubuklu değirmen için yeterli ara ürün elde edilememesi ve ara üründe bulunan sertliği yüksek gang malzemesinin öğütme ters yönde etkilemesi nedeni ile ara ürün elde etmekten vazgeçilmiş ve 2-25 mm boyutunda yalnızca konsantre ve artık elde edilmeye başlanmıştır.

3. Çizelge 2'de görüldüğü gibi 25-2 mm sinterlik konsantrede bilhassa kükürt (% 1,8) ve alkali oranı yüksektir. Kükürdün yüksek oluşu asidik sinterlemeyi zorunlu kılmaktadır. Asidik sinterlemede kullanılan kok miktarı bazik sinterlemeye nazaran daha yüksektir. Bu da sinter maliyetini arttırır. Kükürdü az cevherler bazik olarak sinterlenebilmektedir. Böylece, kendinden katkı maddeli (self-fluxing) sinter elde edilmektedir. Bu tip sinterlerin kullanılması yüksek fırın şarjındaki katkı maddesi miktarını azaltacaktır. Sintere eklenen her birim CaCÜ3 için yüksek fırında 0,26 birim kok tasarrufu sağlanmaktadır (3). Bunun yanında sinterlemede kullanılan cevher ebadı —8 mm'dir. Bu nedenle 25-2 mm konsantre sinter tesislerinde tekrar kırılıp elenmektedir. Kükürtlü ve iri konsantrenin sinter tesislerine ve yüksek fırınlara getirdiği fazladan maliyeti ortadan kaldırmak için yeni akım şemasıyla yalnız 8-2 mm sinterlik konsantre üretilmektedir. Böylece, daha ince boyuta indirilmiş cevher içindeki kükürt ve alkalilerin daha yüksek oranlarda atılmasına olanak sağlanmıştır.

25-8 mm konsantre çubuklu (RMI) ve ince öğütme için tasarlanan değirmende (BM 3) —2 mm'ye öğütüldükten sonra ince öğütme değirmenlerinde (BMI-2) —45 mikrona öğütülüp manyetik ayırmaya tabi tutulmaktadır. Konsantrasyon tesis girişi cevherin pelet tesisine yeterli konsantreyi gönderebilecek miktarda olmadığı durumlarda 8-2 mm sinterlik konsantre de 25-8 mm konsantre ile öğütülebilmektedir. Böylelikle konsantrasyon tesisinin akım şeması, Çizelge 3'te verilen ve değişik besleme miktarlarında pelet tesisinin ihtiyacı olan 250 t/h civarında peletlik konsantre üretebilecek esnek bir yapıya kavuşturulmuştur. (Pelet tesisinin mümkün olan en fazla tonajda çalışması ilerde görüleceği gibi maliyeti düşürmektedir). Bu düzenlemeye göre 300 ve 350 t/h'lik beslemelerde hiç sinterlik konsantre üretilmezken, 400 ve 450 t/h'lik beslemelerde sırası ile 70 ve 80 t/h sinterlik konsantre üretilmektedir. Demir-Çelik kuruluşlarının talepleri göz

önüne alınması ile konsantrasyon tesisinin 400 t/h ile çalışmasının en uygun koşul olduğu belirlenmiştir. Bu da mevcut koşullarda daha gerçekçi olan 2,4 milyon ton/yıl cevher üretimine tekabül eder.

Çizelge 3 — Konsantrasyon tesisi çalışma seçenekleri

Besleme (t/h) Tesis	Konsantre t/h		Verim %	
	Sinter 8-2 mm	Pelet —45u	Ağır.	Metal
300	—	220	72,9	89,9
350	—	248	71,0	89,9
400	70	230	72,5	90,9
450	80	252	73,8	91,4

Bu değişikliklerden sonra elde edilen ürünlerin ortalama kimyasal analizleri Çizelge 4'te verilmiştir. Görüldüğü gibi tasarlanan şekliyle sinterlik konsantre % 1,8 olan kükürt 8-2 mm sinterlik konsantre de % 0,65'e alkaliler toplamı da % 0,96'dan % 0,63'e düşmüştür. Ayrıca, peletler konsantre üretiminde cevherin önce tek kademede —45 mikrona indirilip sonra manyetik separatörlerde zenginleştirilmesi peletlik konsantrenin tenorunu arttırmış, safsızlıklarda azalma gözlenmiştir.

	Tesise Giriş (-25-0 mm)	Sinterlik Konsantre (8-2 mm)	Filtre Keki (-45 mikron)	Kaba Artık (25-0.5 mm)	İnce Artık (-0.5 mm)
$FeHCL \cdot Sol$	57,6	64,6	69,6	19,54	21,59
Fe_3O_4	72,2	88,2	96,5	13,77	7,16
Mn	0,18	0,16	0,26	0,22	0,26
SiO_2	7,34	3,69	1,60	22,32	25,47
CaO	1,88	0,91	0,70	5,34	3,67
MgO	0,84	0,56	0,46	6,56	8,24
Al_2O_3	2,04	1,11	0,74	5,10	6,91
Cu	0,006	0,006	0,005	0,006	0,064
TiO_2	0,12	0,07	0,06	0,29	0,38
K ₂ O	0,97	0,39	0,12	2,02	2,22
Na_2O	0,43	0,24	0,26	0,58	0,49
S	2,03	0,65	0,16	1,93	5,94
P	eser	eser	eser	eser	eser

Çizelge 4 — Konsantratörden elde edilen ürünlerin kimyasal özellikleri

4. Konsantrasyon tesisinde üretilen ancak peletlenmeyen filtre kekinin bir acil stokta stoklanması ve gereksinim duyulduğunda gerekli olan nem içeriğini (% 9,5-10,5) elde edebilmek için "Marcona Oluğu" aracılığı ile pülp haline getirilerek tekrar filtre edilip pelet tesisine verilmesi gerçekleştirilmiştir.

2.2. Devreye alma çalışmalarında karşılaşılan zorluklar ve bunların çözümleri

2.2.1. Pülp Nakliyesi

Konsantratörün devreye alınması sırasındaki en önemli sorulardan biri pülpün pompalarla basılması ve eğimli açık oluklardan akmaması olmuştur. Özellikle çubuklu değirmen çıkışı -2 mm'lik malzemenin köşeli ve keskin oluşu nedeniyle bu malzeme için seçilen çamur pompalarının lastik fanları 600-700 çalışma saatinden sonra aşınmış ve iş görmez hale gelmiştir. Bu pompalarda kullanılan çelik dökmü fanların ömrü lastik fanlara nazaran yaklaşık 8-10 kat daha fazla olmuştur.

Yapımcı firmalar tarafından seçilen trapez kesitli açık olukların bilhassa -2 mm yaş manyetik separator konsantrasyonunun bilyalı değirmenlere taşınması için uygun olmadığı belirlenmiştir. Bu olukların mevcut boşluğun izin verdiği sınırlar içinde eğimlerinin % 20-25 artırılması konuya çözüm getirmemiştir. Sonunda bu oluklar yerine orijinal eğimle lastik borular konulduğunda pülpün akışı çok kolay bir şekilde sağlanmıştır. Yani pülpün temas ettiği kesitin yarıçapını büyütmek akışı kolaylaştırmıştır. Bu problemin yansıttığı diğer bir gerçek de açık oluklardaki akışlarda pülp içindeki ince fraksiyonun kritik bir miktarın altına düşmemesi gerektiğidir. Bu bilhassa yüksek yoğunluktaki katılarda çalışırken çok önemlidir. İnce fraksiyonun fazla olmasıyla pülpün kıvamlılığı artacak ve iri tanelerin çökme hızı azalacaktır.

Tesisteki pülp borularının orijinal tasarımda çelik boru olarak seçilmesi bir başka darboğaz teşkil etmiştir. Pompa basma hatlarında pülpün yüksek hızı ve cevherin aşındırıcı özelliğinden dolayı bu borular ancak 3 ay gibi kısa bir süre dayanabilmişlerdir. Çelik borular yerine kullanılan lastik borularda bir yıllık sürede aşınmanın minimum düzeyde olduğu görülmüştür.

2.2.2. Filtreleme

Kış aylarında filtre kekinin neminde belirgin bir artış gözlenmiştir. Bunun nedeni filtreleme beslenen pülpün depolandığı çamur tanklarının kapalı bir yerde bulunmaması yüzünden pülp sıcaklığının düşmesidir. Bu düşük sıcaklık nedeniyle suyun akışkanlığı azalmakta ve filtre kekinden arzulanan düzeyde uzaklaştırılamamaktadır. Bunun

yanında konsantratörün 1040 m gibi yüksek bir kotta bulunması filtrasyon işlemini sağlayan 'vakumun etkisini azaltmaktadır. Bu nedenlerle filtrelerde maksimum kurutma zamanı ile minimum kalınlıkta (4-5 mm) filtre keki elde edilmesinin nem oranını düşüreceği sonucuna varılmıştır. Filtrelerdeki kek yapma zamanını azaltmak için filtre tankındaki ilk iki sıra diliminin vakum ağızları iptal edilmiş, böylelikle kek oluşturma işleminin filtre tankının en alt kotundan başlaması sağlanmıştır. Bu durum filtre kapasitesini ancak % 10 gibi bir miktarda azaltmış, fakat elde edilen keklerde nem oranının yaklaşık % 0,5-1 düştüğü görülmüştür. Bu sonucunu peletleme için gerekli olan % 9,5-10,5 nem oranı değerine kolayca erişmeyi sağlamıştır.

2.2.3. Konsantre Tikineri

Orijinal tasarımda pelet tesisi tozlarının pülp halinde konsantratördeki konsantre tikinerine verilmesi öngörülmüştür. Ancak pülpteki katı oranının çok düşük (% 3,5) ve pülp debisinin çok fazla (120 m³/h) olması nedeniyle 12 m çapındaki konsantre tikinerinde bu katılar kazanılamamış, üstelik konsantre tikinerinin dengesi bozulmuş ve katı kayıpları artmıştır. Bu nedenle % 67 Fe içeren pelet tesisi tozları (100 t/gün) belirli bir süre artık olarak atılmıştır. Bu tozların atılmasıyla hasıl olan maddi kaybın günde yaklaşık 1,3 milyon TL olması Müessese elemanlarını yüksek basınçlı bir siklon grubunun tasarımına ve imalatına zorlamıştır. Bu siklonların kullanılmasıyla tozlar. % 90 verimle kazanılmıştır.

2.3. İşletme Verileri

Pülp Yoğunluğu (Ağırlıkça)

Bilyalı Değirmen (ince öğütme)	:	% 72 katı
Bilyalı Değirmen (kaba öğütme)	:	% 65 katı
Çubuklu Değirmen (kaba öğütme)	:	% 65 katı
Yaş Manyetit Ayırıcı (- 2 mm)	:	% 45 katı
Yaş Manyetit Ayırıcı (-45 µ)	:	% 27 katı
Filtre	:	% 66 katı

Güç Tüketimi

Genel 23,5 kwh/ton tüvenan

Öğütücü Ortam Tüketimi (g/t)

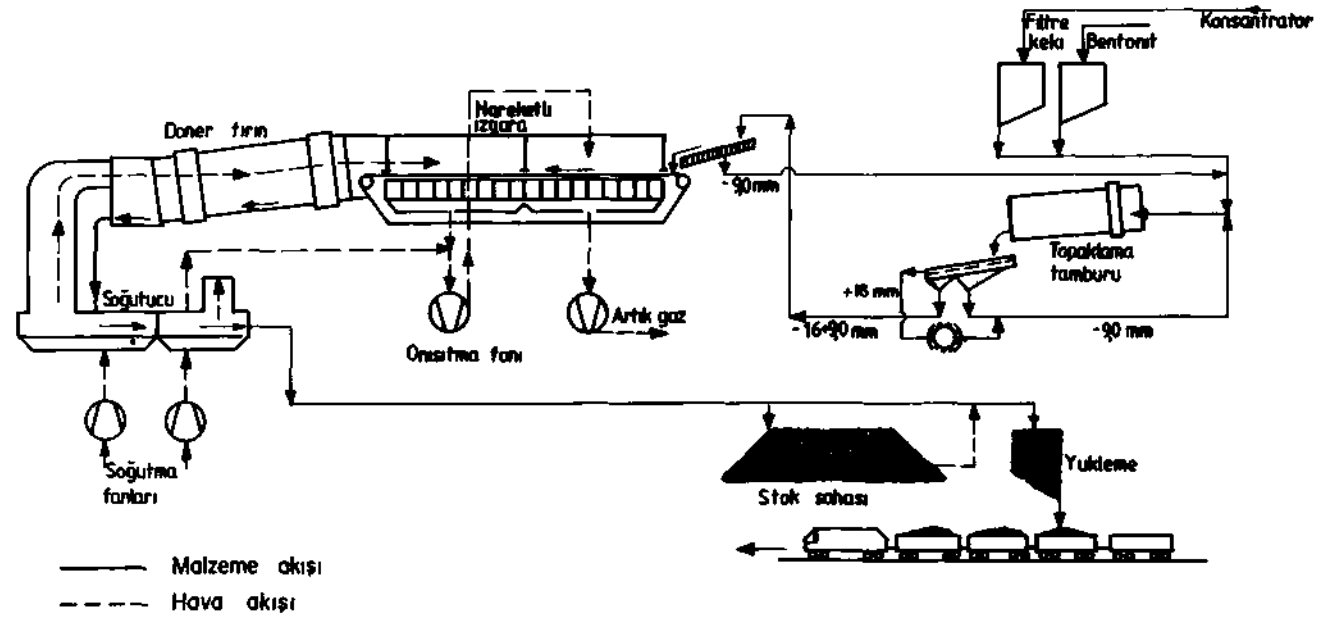
Bilya (ince öğütme)	:	785
Bilya (kaba öğütme)	:	560
Çubuklu (kaba öğütme)	:	1100

3. PELETLEME TESİSİ

Konsantrasyon tesisinde ince boyutlarda zenginleştirilen cevher (filtre keki) ince tane boyutunun yüksek fırında yaratacağı ters etkilerden dolayı doğrudan yüklemeye elverişli değildir. Bu nedenle konsantratörde elde edilen filtre keki nem, bağlayıcı (Cbentonit) ve ısı yardımıyla 9-16 mm'lik sertleştirilmiş «topaklar» (pelet) haline getirilerek yüksek fırınlara sevk edilir. Bu amaç için kurulan Divriği Peletleme Tesisi yine bir Türk-Batı Alman (Kutlutaş ve Thyssen Rhein-stahl Technik GmbH) Konsorsiyumu tarafından inşa edilmiştir. Tesiste standart, «Hareketli Izgara - Döner Fırın-Döner Soğutucu» sistemi kullanılmış olup tasarım kapasitesi 1,3 milyon ton/yıl dır. Tesiste ilk peletler 23 Nisan 1986 günü üretilmiştir.

3.1. Akım Şeması

Pelet Tesisi akım şemasının verildiği Şekil 3'de görüldüğü gibi konsantrasyon tesisinden gelen filtre keki, ve bentonit sırası ile 600 ve 80 tonluk silolara yüklenir. Filtre keki bunkerinden alınan konsantre % 0,7 bentonit ile karıştırılarak pelet tesisinin ham (yaş) pelet üretilen topaklama bölümüne gönderilir. Burada bulunan 4 adet paralel topaklama tamburundan geçen malzeme suyun yüzey gerilimi ve bentonit yardımıyla birleşerek önce küçük topaklar ve daha sonra tambur içindeki yuvarlanma hareketi ile «kartopu» büyümesine benzer bir şekilde büyüyerek yarı plastik peletler haline gelirler. İstenilen boyuttan (9 mm) küçük olan peletler elenerek tekrar devreye verilir. Bu küçük peletler yeni beslenen toz malzemenin hızla istenilen boyuttaki topaklar haline gelebilmesi için gerekli olan «çekirdek»leri oluştururlar. İstenilen boyutun üzerinde olan (16 mm" den iri) peletler de ezilerek tekrar devreye verilir. İstenilen irilikteki (9-16 mm) ham peletler eğer istenilen niteliklere sahip ise sertleştirilmek üzere pelet tesisinin sıcak bölümüne gönderilir. Ham peletlerin niteliği «Düşürme Sayısı» ve «Basma Dayanımı» ile ölçülür. Bu ölçümler peletlerin tesisin ısısal sertleştirme bölümüne gönderilirken aktarma noktalarındaki düşme ve yük altında kalmadan dolayı parçalanmamasını sağlamak için yapılır. Düşürme sayısı bir peletin 46 cm'den ortalama kaç kez düşürüldükten sonra çatladığını belirleyerek ölçülür. Divriği tesisleri için 6-8 düşürme sayısının yeterli olduğu görülmüştür. Basma dayanımı ile bir ham peletin kırılmadan ortalama kaç kilogram yüke dayanabildiği belirlenir. Bir kg/pelet basma dayanımına sahip peletlerin uygun nitelikte oldukları varsayılır Düşürme sayısı ve basma dayanımının bu değerlerin altında olması aşırı kırılma ve tozlanmayı, üzerinde olması da peletlerin plastik özellikte olma sonucunu doğurur. Her iki durumda peletlemenin takip eden aşamalarında istenmez.



Şekil 3 — Pelet tesisi akım şeması

İstenilen boyut ve nitelikteki ham peletler 18 cm derinliğinde düzgün bir yatak oluşturacak şekilde hareketli ızgara üzerine yığılır. Toplam uzunluğu 31,7 m olan hareketli ızgara 14 m'lik kurutma bölümü ve 11,6 m'lik önısıtma bölümlerinden oluşur (Geri kalan 6,1 m yükleme ve boşaltma bölümlerindeki paydır). Hareketli ızgara, beslenen ham pelet miktarına göre, 1,0 ile 3,0 m/dak'lık bir hızla sonsuz zincir şeklinde hareket eder.

Kurutma bölümünde sıcaklık 380°C olup alttan emerek kurutma esasına göre peletlerin yüzey ve kılcal suları, kısmen de yapısal sular atılır. Bu bölümdeki prosede dikkat edilmesi gereken en önemli iki noktadan biri kurutma işleminin peletleri patlatacak derecede aşırı hızda yapılmaması ve diğeri atık gaz sıcaklığının yoğuşma sıcaklığının (100°C) üzerinde olmasıdır. Bu ikinci noktanın gerçekleştirilmemesi ciddi korozyon sorunlarına yol açan sülfürik asit oluşmasına neden olur. Kurutulmuş peletlerin basma dayanımlarının 3 kg/pelet civarında olması gerekmektedir. Bu peletlerin hareketli ızgara üzerinde maruz kaldıkları mekanik streslere kırılmadan dayanabilmeleri açısından önemlidir.

Önısıtma bölgesinde sıcaklık 970-1130°C'a kadar çıkarılır. Burada yapısal suların atılması tamamlanır, hidratlar, karbonatlar ve sülfatlar ayrışır (4). Cüruf bağları oluşmaya başlar. Manyetit eksotermik bir reaksiyonla hematite dönüşmeye başlar, (toplam oksidasyonun % 30'luk kısmı önısıtma bölgesinde tamamlanır). Önısıtma bölgesinin sonuna gelmiş peletler artık kırılmadan döner fırına dökülebilecek dayanıma sahiptir (basma dayanımı 50-60 kg/pelet). Bu sağlamlık tekrar kristalleşme tane büyümesi ve cüruf bağlarının oluşmaya başlamasıyla sağlanır.

Peletlerin döner fırında 1250-1320°C arasında işlem görmelerinin nedeni önısıtma bölgesinde başlayan cüruf bağlarının oluşumu ve kristal büyümesini tamamlamasıdır. Böylelikle peletlerin yüksek fırının veya doğrudan redüklenmenin yapıldığı şaft fırının şarj sütündeki yüklere dayanabilecek sağlamlığı ve aşınmaya karşı gerekli mukavemeti kazanması sağlanır. Manyetin hematite dönüşmesi döner fırında da devam eder ve bu reaksiyonunun % 5'i burada olur. Divriği Pelet Tesisi'nde bulunan döner fırın 5,2 m çapında 34,5 m boyunda ve 3° eğimle çalışmaktadır, işletme tonajına bağlı olarak 0,5-1,5 dev/dk hızla dönen fırında yakıt olarak ağır fuel-oil kullanılmaktadır.

Döner fırından sertleşmiş olarak çıkan peletler 1300°C civarında bir sıcaklıkta olup önemli bir ısı enerjisi kaynağı oluştururlar. Peletlerdeki bu ısının kazanılarak proseste kullanılması peletlemenin ekonomikliği açısından büyük önem taşır. Kızgın peletlerdeki ısı enerjisini kazanma işi döner soğutucuda yapılır. Döner soğutucu çevresel olarak 2,2 m genişliğinde soğutma bölgesi olan bir karoseli an-

dır ve primer ve sekonder soğutma bölgelerinden oluşur. Bu bölümlerde soğutma, çevre havasının fanlarla 78 cm kalınlıktaki pelet yatağı içerisinden üflenmesiyle sağlanır. Böylece primer soğutma bölgesinde 1100-1200°C'ye ısınan hava dönsr fırında sekonder soğutma bölgesinde 500°C'ye ısınan hava da hareketli ızgaranın kurutma bölgesinde kullanılır. Manyetitin hematite dönüşümünün % 65'i de döner soğutucuda tamamlanır.

Saatteki devir sayısı 0,6-3 olan döner doğutucudan çıkan peletlerin sıcaklığı 80-100°C'dir.

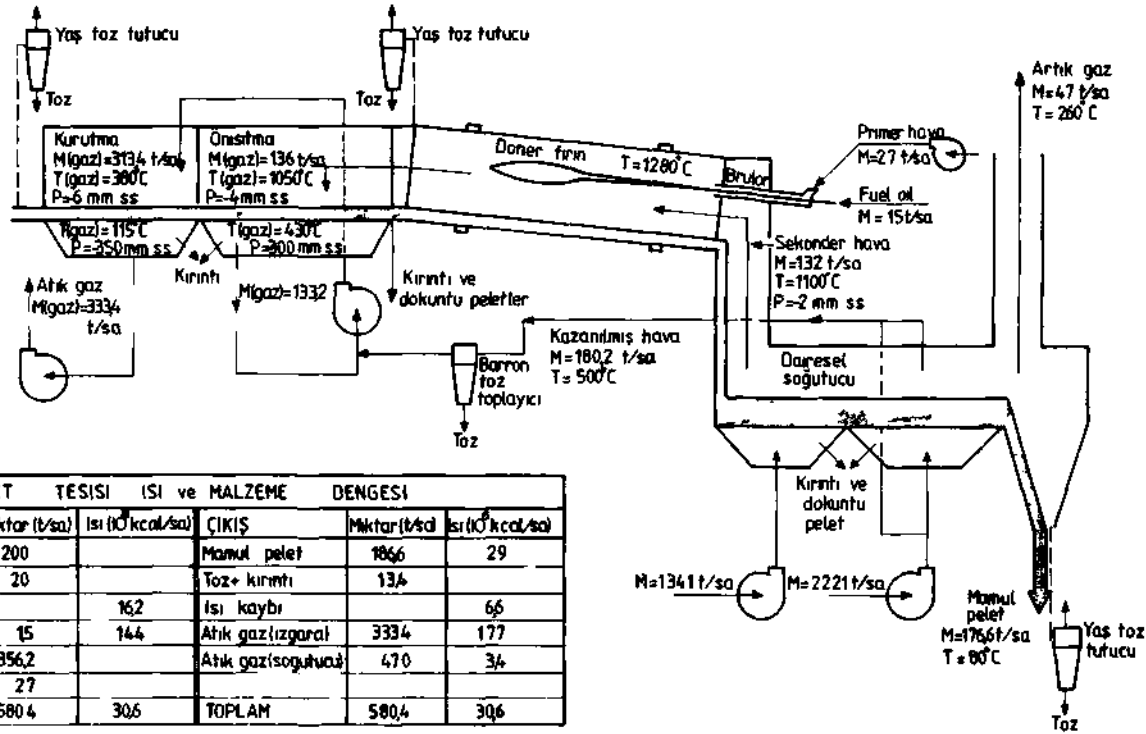
Prosesde malzeme ve hava akışı birbirine ters yönde olup, bu da enerjinin verimli kullanılmasını sağlar. Proseste kullanılan bütün basınçların çalışma emniyeti açısından eksi olması gerekir.

Peletlemede kullanılan primer enerji iki temel kaynaktan elde edilir :

1. Fuel-oil
2. Manyetitin hematite dönüşmesi sırasında açığa çıkan ısı.

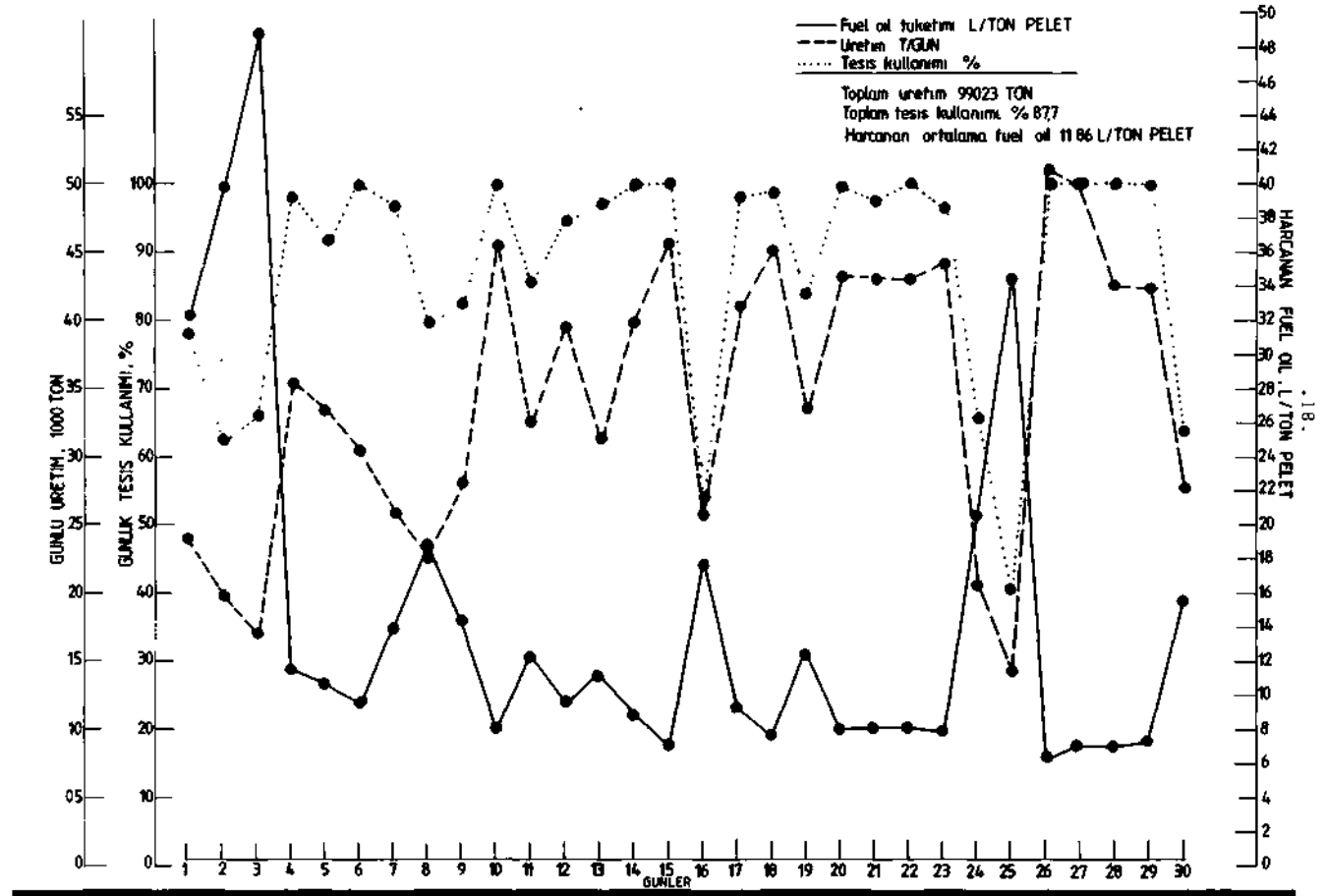
Pelet tesisi sıcak bölümündeki malzeme ve ısı derecesi Şekil 4 de verilmiştir. Bu şekilde verilen rakamların hesaplanmasında 200 t/s'lik bir besleme temel alınmıştır. Buna göre peletleme için kullanılan toplam enerjinin yaklaşık % 53'ü manyetitin hematite oksitlenmesiyle elde edilmiş, geriye kalan % 47'lik kısmı için ise fuel-oil kullanılmıştır. Harcanan enerjinin % 69'u artık gazlarda, % 9,5'i mamul pelette kullanılmakta, geriye kalan enerji ısı olarak kaybolmaktadır. Proses sırasında beslenen peletlerin % 6,7'si kırıntı-döküntü olarak çıkmakta, bunların incesi, konsantrasyon tesisine geri beslenirken irileri sinter malzemesi olarak kullanım merkezlerine sevkedilmektedir.

Pelet üretiminde harcanan fuel-oil önemli bir maliyet kalemini oluşturmaktadır. Dolayısıyla, fuel-oil harcamasını en azda tutmak gerekir. Bunu yapmak için fuel-oil harcamasının bağlı olduğu faktörler belirlenmiştir. Pelet üretiminde harcanan fuel-oil miktarının tesis kullanımını (pelet tesisinin üretim zamanının günlük toplam çalışma zamanına oranı) ve üretime (t/gün) bağlı olduğu belirlenmiştir. Bu ilişkiyi gösteren bir aylık (Eylül 1986) veriler Şekil 5'te gösterilmiştir. Tesis kullanımının ve üretimin düştüğü günlerde özgül fuel-oil harcaması artmış 3 Eylül 1986 günü 50 l/ton pelet'e kadar yükselmiştir. Hem tesis kullanımının hem de üretimin yüksek olduğu 15 ve 16 Eylül 1986 günlerinde ise özgül fuel-oil harcaması 7 l/ton-pelet civarına inmiştir. Bu sonuçlar, pelet tesisinin ekonomik olarak çalışması için hem tesis hem de kapasite kullanımının yüksek olması gerektiğini göstermektedir.



PELET TESİSİ ISI ve MALZEME DENGESİ					
GİRİŞ	Miktar (t/sa)	Isı (10 ³ kcal/sa)	ÇIKIŞ	Miktar (t/sa)	Isı (10 ³ kcal/sa)
Ham pelet (kuru)	200		Mamul pelet	1866	29
Nem	20		Toz+ kırıntı	134	
Oksidasyon		162	Isı kaybı		66
Fuel oil	15	144	Atık gaz (ızgaralı)	3334	177
Sogutma havası	356,2		Atık gaz (soğutucu)	470	34
Primer hava	27				
TOPLAM	580,4	306	TOPLAM	580,4	306

Şekil 4 — Pelet tesisi sıcak bölüm işletme verileri



Şekil 5 — Günlük üretim, tesis kullanımı ve fuel-oil harcaması (Eylül - 1986)

3.2. Devreye Alma Sorunları ve Değişiklikler

Pelet Tesisi akım şeması standart olduğu için değiştirilmesi söz konusu değildir. Ancak işletme parametrelerinin optimizasyonu yapılabilmektedir:

1. Bentonit miktarını daha düşük (% 0,5 - % 0,6) tutma çabaları devreden yükün artması ve istenilen ham pelet kalite değerlerinin elde edilememesi nedeniyle sonuç vermemiş, tasarlandığı şekilde % 0,7 bentonit kullanılmıştır.

2. Topaklama tamburlarının tasarım kapasitesi 65 t/h'tır. Bu tamburların hem pelet kalitesini bozmadan 75 t/h kapasitede pelet üretebileceği belirlenmiştir. Böylece pelet tesisi kapasitesinde % 15'lik bir artış sağlanabileceği saptanmıştır. Aynı kapasite fazlalığı sıcak bölüm proses fanları için de geçerlidir.

3.3. İşletme Verileri

Fuel-Oil tüketimi (% 100 tesis kullanımında):

7,5 l/ton (Ortalama)

7,0 l/ton (En düşük)

Elektrik tüketimi (% 100 tesis kullanımında):

34,2 kwh/ton

Divriği Madenleri Müessesesi'nin ürettiği peletlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5 — Divriği peletleme tesislerinde üretilen peletlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri

Fiziksel özellikleri:

Basma dayanımı (kg/pt)	=	280
Elek analizi (8-16 mm) %	=	98,1
Tambler endeksi (+ 6,3 mm) %	=	98,0
Aşınma endeksi (– 0,5 mm) %	=	1,1

Kimyasal özellikleri:

% FeHci-soi-	=	67,3
Fes04	=	2,1
S	=	eser
SiOz	=	1,36
CaO	=	0,46
MgO	=	0,92
Al2O3	=	0,46
kİo	=	0,051
MgaO	=	0,055
Mn	=	0,064

4. SONUÇ

İkinci Dünya Savaşından beri dünyada kullanılmakta olan demir cevheri konsantrasyon ve peletleme teknolojisi geçte olsa ülkemize de gelmiştir. Kısa sürede tesisler devreye alınmış ve bu teknolojiyi işletecek personel yetiştirilmiştir.

Konsantrasyon ve peletleme tesislerinin devreye girmesi ile ithal pelet yerine yerli pelet kullanılmaya başlanmış, pelet kullanan yüksek fırınlarda kok harcaması 800-900 kg/t-sıvı metalden 575 kg/t-sıvı metale düşmüştür (1). Ayrıca, Fe tenörü yüksek peletlerin kullanılması yüksek fırın verimini olumlu yönde etkilemektedir. % 60 Fe tenörü üzerindeki her % l'lik tenor artışı, verim % 3 arttırmaktadır (3). Böylece, pelet üretimi ile bir yandan demir-çelik endüstrisinin dışa bağımlılığı azaltılırken diğer yandan mevcut tesislerde daha yüksek sıvı metal üretimi sağlanmış olmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Karabük ve İskenderun ilgilileri ile özel görüşmeler
2. SAGHEER, M. and YAZAN, A., Planning of Turkish Divriği Iron Ore Processing Plant, Mineral Processing Plant Design, SME-AIME, 1978
3. BOGDANDY, von L., ENGEL, H.J., "Reduction of Iron Ores, Springer", - Verlag Berlin Heidelberg New York Verlag Stahleisen m.b.H. Düsseldorf, 1971
4. MEYER, K., "Pelettizing of Iron Ores", Springer - Verlag Berlin Heidelberg New York Verlag Stahleisen m.b.H. Düsseldorf, 1980