

Pipeline Dünya önemi

Taşımacılığı Madencilikteki

Doç. Dr. İsmet UZKUT (*)
ömür ÖZBEYİNLİ («)

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Bilindiği gibi, bir hammadde türünün fiyatlandırılması, öncelikle o hammadde türünün piyasasındaki arz ve talep dengesine göre ve ilgili hammadde türünün üretim maliyetinden hemen hemen bağımsız bir şekilde gerçekleşmektedir. Bu nedenle, hammadde Üreticileri maliyetlerini minimum düzeye indirerek kâr ve fiyat dalgalanmalarından mümkün olduğu kadar az etkilenme olanaklarını artırma çabası içindedirler. Bu çabalar, maliyet Ögelerinde en ileri teknik ve teknolojinin uygulanması biçiminde ortaya çıkmaktadır, öte yandan bir hammadde türünün üretimindeki en önemli maliyet ögeleri madensel üretim, zenginleştirme, izabe ve rafinasyon ile taşımadır. Madensel üretim, zenginleştirme izabe ve rafinasyondaki güncel maliyet artışlarını (artan işçi ücretleri, yükselen enerji maliyetleri vs.) daha yeni ve ileri teknik ve teknoloji uygulayarak bir ölçüde de olsa şimdiye kadar karşılamak mümkün olabilmektedir. Ancak bu gelişmelerin, özellikle 1973 yılından sonra hızla doruk noktasına ulaşan maliyet artışlarını giderme gücü yok denecek ka-

dar az bir düzeye inmiştir. Bu durum, üreticilerin dikkat ve çabasının diğer önemli bir maliyet ögesi olan taşıma işleminde kümelenmesine yol açmıştır.

Gerek dünya hammadde gereksiniminin genelde artması ve gerekse altyapı olanakları yeterli hammadde kaynaklarının giderek azalması sonuçta ulaşım ve altyapı olanakları kısıtlı bölgelerde bulunan hammadde kaynaklarının değerlendirme zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Bunun sonucunda, taşıma işleminin hammadde üretim maliyetindeki oran giderek artmış ve hatta bazı hammadde türlerinde (manganez, alüminyum, flüorit, demir, kromit vs.) yer yer % 50 ye yaklaşan bazan da aşan değerlere ulaşmıştır, örneğin Kaestner ve Arkadaşları (1977) 'nin yaptıkları bir değerlendirmeye göre, dünya manganez üretimindeki fob maliyet dağılımı

Madencilik + zenginleştirme	% 20
Yönetim	% 10
Taşıma	% 65
Liman ve yükleme	% 5

biçimindedir. Eğer liman ve yükleme masraflarını da taşımaya eklemek gerekirse, oran % 70 i bulmaktadır. Bu oranların kromite ortalama % 45-55 (Grebe ve Arkadaşları, 1975), flüoritte % 20-30 (Cissarz ve Arkadaşları, 1974a), çinkoda

* E.Ü. Makina Fakültesi Maden Bölümü Öğretim Üyesi; İZMİR

** E.Ü. Makina Fakültesi Maden Bölümü Son sınıf öğrencisi; İZMİR

% 10-25 (Cissarz ve Arkadaşları, 1974b), demir konsantrlerinde % 35-47 (Kramer, 1974) arasında değiştiği bilinmektedir.

Bütün bu veriler, etkinliği yer yer % 70 boyutlarına varabilen taşıma işleminde gerçekleştirilecek yeniliklerle diğer maliyet öğelerine nazaran daha fazla tasarrufların sağlanabileceğini belgelemektedir.

Bu çalışmada, madencilikte uygulanan en önemli taşıma sistemlerindeki en son gelişmeler tanıtıldıktan sonra, özellikle son yıllarda önemini giderek arttıran pipeline taşımacılığı ve bunun dünya madenciliğindeki en önemli örnekleri ele alınacaktır. Amaç, en son gelişmelerin ışığında ülkemiz madenciliği için en uygun taşıma stratejisinin belirlenmesine katkıda bulunmaktır.

2. MADENCİLİKTEKİ TAŞIMA SİSTEMLERİ VE SOK GELİŞMELER

Hammadde kaynakları değiştirilmez ve doğal bir konuma sahip olduklarından, buradan elde edilen ürünlerin, ister doğrudan tüketim, isterse ek teknolojik işlem amacıyla olsun, taşınma zorunluluğu vardır, üretimin kütleli olması, başka bir deyimle birim zaman başına taşınması gereken kütle miktarının genellikle çok yüksek olması, uygulanacak taşıma sisteminin buna uygun olma zorunluluğunu doğurmaktadır. Madencilikte uygulanan taşıma sistemlerini ve bunlarda ortaya çıkan son gelişmeleri şu şekilde özetlemek mümkündür.

2.1. KAMYON TAŞIMACILIĞI

Dünya madenciliğinde ancak ocak içi veya en yakın demir yolu istasyonu veya limana kadar olan kısa mesafelerde uygulanan bu taşıma sistemi, diğerleri içinde en pahalı olanıdır (Tablo No. 1). Hemen hemen her noktaya taşıma veya boşaltma işlemi açısından olumlu yanı olmasına karşın kamyon taşımacılığı

dünya madenciliğinde diğer sistemlerin uygulanmaması halinde sözkonusu olabilen bir seçenektir. Buna karşın bu seçeneği dünya madenciliği için vazgeçilemeyen bir seçenek olarak kabul etmek gerekir; zira, pahalı da olsa, kamyonlu bir maden yatağını düşünmek olası değildir. Bu nedenle, bu sistemle yapılan taşıma maliyetini düşürmek için yoğun çaba sarf edilmektedir.

Nitekim, Mining Equipment dergisinin Temmuz - Ağustos 1980 sayısına göre, maden taşımacılığında kullanılan kamyonların teçhizatında yapılan yeniliklerle yakıt tüketimi % 25 oranında azaltılabilmektedir. Batı Alman Mercedes-Benz firması yakıt olarak % 15-85 metanol karışımı mazotla çalışan kamyonları basan ile denemiştir. Etanolla yapılan denemeler de başarılı olmuştur. Ayrıca, dev baterilerle çalışan kamyonlar da halen denenmektedir. Batı Alman Bosch firması ile ABD'nin General Motors' firması tarafından ortaklaşa geliştirilen mazot - elektrik kombinasyonlu motorlarda % 50 yakıt tüketimi sağlanmıştır. Londra'daki Queen Mary College de geliştirilen kamyon ise mazotla çalışan bir motorla birlikte batiri ile çalışan bir elektrik motoru da bulunmaktadır. Kamyon bateriden gelen elektrik gücü ile çalıştırılmakta, batiri boşaldığında mazotla çalışan motor işletilerek doldurulmaktadır. Bunun yanında Batı Almanya'da sıvı hidrojenle çalışan kamyon motorları da basan ile denenmiştir.

Denemelerin en ilginç ise, Kaliforniya'nın Berkley kentindeki Lawrence Radiation Laboratory'de «Nitinol» adı verilen soğukta yumuşayan bir kütle ile çalışan motor denemeleridir. Bu yolla kamyon taşımacılığındaki enerji sarfiyatının % 25'e düşürüleceği tahmin edilmektedir.

Ayrıca İsveç Saab firması tarafından özellikle açık işletmelerde kamyon trafiğini optimize edebilen ve sürücüsüz kamyonlar temel alan bir elektronik sistem

geliştirilmiştir. Bu yolla hem trafikten, hem de yüklemekten doğan beklentiler minimuma indirilebilmektedir. Ayrıca bu yolla sürücüsüz kamyonların hız ve yük kontrolleri de elektronik olarak yapılabilmektedir. Aynı yönde ABD Caterpillar firmasının da sistemleri bulunmaktadır.

22. TREN YOLU TAŞIMACILIĞI

özellikle gelişmiş endüstri ülkelerinin madenciliğinde en önemli taşıma yöntemi tren yoludur (Örneğin Batı Almanya'daki 1973 yılı hammadde nakliyatının % 65'i tren yolu ile yapılmıştır, Bergbau-Handbuch, 1976). Bu alanda en önemli gelişme, tek bir hammadde taşıyan, 100'e yakın vagon dan oluşan «unit trains» lerdir. Taşıma hacmi 75 m³ varan bu vagonlar otomatik boşaltma teçhizatı ile donatılmışlardır. Ayrıca, Japonya'da ray üzerinde değil de, ray altında hareket eden «aerial tramway» ların kullanılmaya başlanması boşaltma işleminde büyük kolaylıkla sağlamıştır.

Tren yolu taşımacılığında maliyeti azaltma girişimlerinin başka bir hedefi de kullanılan lokomotiflerle ilgilidir. Hatta bu yöndeki denemeleri eski «kara tren»'e dönüş olarak nitelendirmek mümkündür. Nitekim Londrada Queen Mary College'de bu tür cevher taşımacılığında kullanılmak üzere buhar lokomotifleri geliştirilmiştir. Akıştan yatak sistemi ile ateşlenen buhar kazanındaki buhar devridaim yapmakta, yakıt olarak da basınçlı hava ile birlikte üfürülen kumla karıştırılmış düşük kaliteli kömür tozu kullanılmaktadır. Bu yolla, en modern dizel lokomotiflerindeki hıza ulaşılabildiği gibi, petrol ürünlerine olan bağımlılık da giderilmiştir.

2.3. GÖTÜRÜCÜ (BANT KONVEYÖR) TAŞIMACILIĞI

Daha çok ocak içi cevher nakliyatında önemli olan bu taşımacılık sistemi, giderek daha uzun mesafeler ve değişik amaçlar için kullanılmaya başlanmıştır.

Avustralya'daki Gove Boksit Ocağında olduğu gibi 30 km'lik bir mesafe için bile bant taşımacılığı uygulanabilmektedir. Arizona'daki Twin Buttes porfiri bakır yatağında 10,3 km uzunluğundaki ve 107 cm genişliğinde, dakikada 251 m hızla çalışan ve saatte 1800 t cevher taşıyabilen bir konveyör, 1980 yılı başında devreye girmiştir.

2.4. DENİZ TAŞIMACILIĞI

Uluslararası hammadde ticaretinde en önemli rolü oynayan bu sistem aynı zamanda mevcut sistemler içinde en ucuzudur. Bu konuda, 300 000 tonu aşan gemi taşıma kapasiteleri ile rakipsiz bir konuma sahiptir. Buradaki taşıma kapasitelerinin artırılması yanında en önemli gelişmeler, yükleme ve boşaltma işlemlerinin hızlandırılmasında gerçekleştirilmiştir.

2.5. AKARSU TAŞIMACILIĞI

özellikle gelişmiş endüstri ülkelerinde büyük bir öneme sahiptir. 1973 yılı kayıtlarına göre, Batı Almanya yurt içi hammadde taşımacılığının % 30'u bu yolla gerçekleştirilmiştir (Bergbauhandbuch, 1976). Kroner (1979), Ren nehrinin taşımacılıktaki önemine değinmekte ve bu taşımacılığın yalnızca Batı Almanya için değil, tüm Batı Avrupa için yaşamsal bir nitelik taşıdığını vurgulamaktadır. Bu sistemdeki en önemli gelişme, daha büyük mavnalara yönelik ve «tows» adı verilen ve çekilerek değil de itilerek hareket ettirilen mavnalar katarlarının kullanılması ile olmuştur.

2.6. HAVA TAŞIMACILIĞI

Nadir de olsa, Kanada'da olduğu gibi yüksek değere sahip hammaddelerin taşınmasında uçak ve helikopterler de kullanılmaktadır (Peters, 1978). Eğer SSCB ve İngiltere'deki bu yöndeki denemeler başarılı olduğu takdirde, uluslararası hammadde taşımacılığında deniz taşımacılığının yerini hava taşımacılığının alacağı sanılmaktadır. Nitekim,

SSCBMe birbirine bağılı helyumla doldu-
rulmuş «balon katar» lanndan elde edi-
len sonuçların başarılı olduğu bildiri-
mektedir (Mining Equipment, Temmuz-
Ağustos 1980, S. 11). Aynı şekilde, Lon-
dra'daki Imperial College'de güneş enerji-
si pilleri İle çalışan hava gemilerinin
(airships) 100 km/saat lik bir hızla ha-
reket edebileceđi ve bunların özellikle
güneşli bol Ülkelerde hammadde taşıma-
cılığında başarı ile kullanılabilceğini
gösteren denemeler yapılmaktadır.

2.7. PIPELINE TAŞIMACILIĞI .

Çalışmanın ana konusunu oluşturan
bu sistem, bundan sonra ayrıntılı bir bi-
çimde ele alınacaktır.

Bundan bağımsız olarak Tablo No.
1'de belirtilen taşıma sistemlerindeki
ton x km başına düşen maliyet değeri

karşılaştırılmıştır. Parasal değerlerin
güncel etmenlerle deđişeceđi gözönüne
alınarak, pipeline taşımacılığındaki mali-
yet 1 alınarak diğer yöntemlerin buna
göre olan oranları da Tablo'da sunul-
muştur. Görüldüğü gibi, pipeline taşıma-
cılığı deniz taşımacılığı dışındaki tüm
diğer yöntemlerden daha ucuzdur; üstel-
lik bu ucuzluk farkı nehir taşımacılığı-
na oranla en az % 50, tren yoluna oranla
da en az >% 200 e yaklaşmaktadır. Kam-
yon taşımacılığı ise pipeline taşımacılı-
ğına göre 40 katı daha pahalıdır, ülke-
miz madenciliğinde kamyonun, yalnızca
ocak içi nakliyatta değil kentler arası ve
limana kadar olan uzaklıkla için bile en
önemli taşıma aracı olduğu, düşünülürse
bu yolla ortaya çıkan Ulusal Gelir kayıp-
larının büyük boyutlarda olduğu anlaşıl-
maktadır.

Tablo No. 1 : Çeşitli taşıma yöntemlerindeki mutlak ve nisbi maliyetler

Yöntem	cnts/tonxkm		Orantı (Pipeline 1 kabul edilirse)	
	en düşük	en yüksek	en düşük	en yüksek
Deniz	0,02	0,7	0,2	7
Pipeline	0,1	0,7	1,0	7
Nehir	0,15	0,3	1,5	3
Tren yolu	0,28	1,1	2,8	11
Kamyon	3,9	5,0	39	50
Hava	8,4	14,0	84	140

Kaynak : Maddx (1972)
Peters (1978)

3. PIPELINE TAŞIMACILIĞI

3.1. TEMELİ VE ÖNKOŞULLARI

En ucuz taşıma yöntemlerinden biri
olan ve bu nedenle dünya madencilik in-
deki etkinliği giderek artan pipeline taşı-
macılığım, kısaca katı kütlelerin uygun
bir sıvı ortam içinde taşınması olarak ta-
nımlamak mümkündür. Ancak bunun
için en önemli ön koşullardan birisi, hid-
rolik olarak taşınacak katı - sıvı karışımı-
nın mümkün olduğu kadar homojen ol-

ması ve akla davranışı açısından ideal bir
sıvıya yakın özellikle taşınmasıdır. Ancak
bu takdirdedir ki, taşıma işlemi en az yıpr-
anma ve enerji tüketimi ile gerçekleştirile-
bilecektir. Bu da, taşınacak katı kütlede
(hammadde) bazı özelliklerin bulunması
veya o özelliklerin o kütleye kazandırıl-
ması gereğini ortaya koymaktadır.

Bu özelliklerden en önemlisi, pipeli-
ne'la taşınacak hammaddenin, taşıma or-
tamı sıvı içinde kimyasal ve fiziksel özel-
liğini değiştirmemeğidir, örneğin, pipeli-

ne taşımacılığında en ucuz taşıma sıvısı olan suda çözünen veya fiziksel özelliğini değiştiren hammadde türlerini pipeline sistemi ile taşımak olanaksızdır. Bu nedenle, pipeline'la taşınabilen hammadde türleri, kömür, kireçtaşı, bakır konsantresi, demir konsantresi, gilsonit, fosfat konsantresi, nikel ve bakır artıklarıyla sınırlı kalmıştır. Yapılan ön denemeler koklaşabilen taşkömürünün koklaştırma öncesi pipeline'la taşınmasının kül ve kükürt oranında belli bir azalma getirirse bile, genel olarak onun koklaşma yeteneğinde baskı olumsuzluklar getirdiğini göstermiştir (Glienne, 1979). Bu nedenle, bugün için koklaşabilen taşkömürü pipeline ile taşınmamaktadır.

Başka bir örnek de, ana minerali magnetit olan demir konsantreleri ile ilgilidir. Magnetitin doğal magnetit özelliği, çelik borularda taşınmada bazı olumsuzluklar yaratmaktadır. Bu nedenle, Avustralya'daki Savage River'de olduğu gibi, pipeline ile taşınacak magnetit konsantreleri, taşıma öncesi demagnetizasyon işlemine tabi tutulmaktadırlar.

öte yandan sıvı taşıma ortamının özelliklerinin, taşınan hammaddenin niteliklerini değiştirmeyecek bir biçimde ayarlanması gerekir, örneğin, gerek magnetit ve gerekse sürfürlü mineraller, pipeline karışımı içindeki oksijen yoluyla oksitlenerek hem nitelik değiştirebilmekte ve hem de, süförlü mineraller de olduğu gibi, oluşan süförik asit yoluyla boru yıpranmasını artırabilmektedirler. Bunu önlemek için, karışımın PH derecesi ayarlanmakta ve bakır konsantrelerinde olduğu gibi, boruya pompalanmadan Önce havası alınmaktadır.

Taşıma öncesi su ile karıştırılan hammadde, taşıma sonrası sudan antılabilecek nitelikte bulunmalıdır, örneğin, koklaşabilen taşkömürlerinin ve linyitin (Shook ve Arkadaşları, 1979) pipeline taşımacılığına elverişli olmaması sudan arı-

tılmalarının güçlüğünden ileri gelmektedir. Ayrıca, demir konsantrelerinin niteliklerinin değiştirmesi nedeniyle nehir ve deniz suyu taşıma ortamı olarak kullanılamamaktadır.

öte yandan, sıvı ortamdaki taşıma işleminin gerçekleştirilmesi için, bu işlemi gerçekleştirecek akma hızına ve sıvının viskozitesine bağlı yanıl kuvvetin, düşey V (düş, - d^{*TM}) (V = katı maddenin hacmi, d =yoğunluk) kuvvetinden büyük olmasına bağlıdır. Bu düşey kuvvet ise taşınacak katı maddenin yoğunluğu, tane iriliği ile sıvı yoğunluğunun bir fonksiyonu olmaktadır.

Yapılan deneysel çalışmalar, katı-sıvı karışımlarının akım davranışları açısından ideal sıvılar yerine real sıvılar gibi bir davranış gösterdiklerini ortaya koymuştur. Matematiksel yaklaşımlar ise (Cabrera, 1979 a ve b) deneysel bulgulardan farklı sonuçlar ortaya koymuştur. Bu nedenle, pipeline taşımacılığında uygulama parametreleri, ancak pilot çaptaki özel deneme tesislerinde elde edilebilmektedir. Nitekim, bu tür tesisleri kuran firmaların hemen hemen hepsinde bu tür özel deneme tesisleri bulunmaktadır.

Tablo No. 2'de, pipeline yöntemiyle taşınan çeşitli hammadde türlerinin yoğunlukları ile taşınabilen maksimum tane irilikleri ve akıntı hızları verilmiştir. Tamamen uygulama örneklerinden derlenen bu örnekler, bir hammaddenin taşınabilir maksimum tane iriliğinin ve bunun için gerekli minimum akım hızının yoğunlukunun bir fonksiyonu olduğunu ve yoğunluk arttıkça, taşınabilir maksimum tane iriliğinin azaldığını, buna karşın gerekli akım hızının arttığını göstermektedir.

Buna karşın Tablo No. 3'de pipeline'la taşınabilen hammaddelerin yoğunlukları, taşınabilir maksimum tane irilikleri ve buna bağlı optimal katı-sıvı oranları verilmiştir. Buna göre, katı-sıvı oranı, ağırlığa göre yoğunlukla artarken, hacime göre azalmaktadır.

Tablo No. 2 : Pipeline taşımacılığındaki hammaddelerin taşınabilir maksimum tane irilikleri ile bunun için gerekli akım hızlarının yoğunlukla değişimi

Hammadde Türü	Yoğunluk	Maksimum Tane	
		İriliği (Mikron)	Hız (m/saniye)
Gilsonit	1,05	4 700	1,2
Taşkömürü	1,4	2 300	1,5
Kireçtaşı	2,7	310	1,1
Bakır Konsantresi	4,3	230	1,5
<u>Demir Konsantresi</u>	<u>4,9</u>	<u>150</u>	<u>4,9</u>

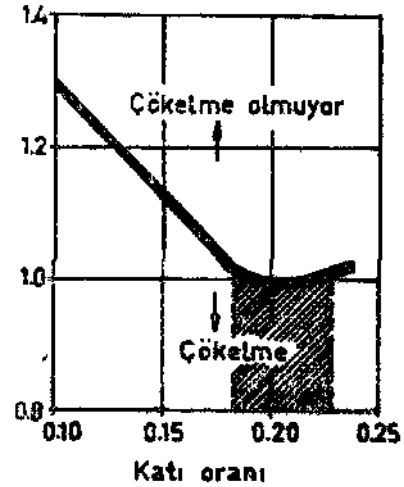
Kaynak : Cabrera (1979)

Tablo No. 3 : Pipelinela taşınabilen hammaddelerin yoğunluğa ve maksimum taşınabilir tane iriliklerine bağlı optimal katı - sıvı oranları

Hammadde	Yoğunluk	Katı - sıvı oranı %		
		ağırlığa göre	hacme göre	Maksimum tane İriliği (Mikron)
Gilsonit	1,05	40-45	39-44	4 700
Taşkömürü	1,4	45-55	37-47	2 300
Kireçtaşı	2,7	60-65	36-41	310
Bakır Kons.	4,3	60-65	26-30	230
Demir Kons.	4,9	60-65	23-27	150

Kaynak : Cabrera (1979)

Pipeline taşımacılığında diğer önemli bir parametre de «kritik akıntı hızı» dır. Tanelerin çökelmeye başladığı sınır hız olarak tanımlanabilecek bu hız aynı zamanda pipeline içindeki en uygun taşıma hızıdır (Şekil No. 1). Deneysel çalışmalar, kritik hızın altında çökme nedeniyle tıkanmalar meydana gelirken bu hızın Üzerindeki taşıma hızında gerçek taşıma kapasitesi arttığını, fakat bunun için gerekli E_t enerjisinin de V 'hızıyla $E_t = k V^{3,5}$ (k sabit bir sayı) eşitliğine göre üssel olarak arttığını göstermiştir (Glienke, 1979). Şekil No. 1 kritik akım hızına bağlı en uygun katı-sıvı oranının saptanmasını göstermektedir.



Şekil No. 1 : Kritik akım hızı ile optimal katı - sıvı oranı arasındaki bağımlılık

Görüldüğü gibi, pipeline taşımacılığının herhangi bir hammaddeye uygulanabilmesi için, o hammaddenin yoğunluğuna bağlı uygun tane iriliğinde bulunması büyük önem taşımaktadır. Genelde yalnızca genel teknolojik işlem gereği veya çok basit bir işlemle bu tane iriliğine getirilebilen hammadde türleri pipeline taşımacılığı için sözkonusu olabilmektedir. Bunların dışında ve özel bir öğütme işlemi gerektiren durumlarda pipeline taşımacılığı ekonomik olma niteliğini çoğu kez yitirmektedir.

Diğer önemli bir nokta da, hammadde için uygulanan teknolojinin pipeline taşımacılığına göre uyarlanmasıdır. Örneğin demir konsantrelerinin pelletleme, kömürün briketlenmesi işlemleri pipeline taşımacılığından sonra ve pipeline hattının vanş noktasında yapılması gerekir.

Özetlenecek olursa, pipeline taşımacılığı için önkoşulları şu şekilde sıralamak gerekir :

A. Hammaddeye Bağlı önkoşullar

- Taşıma sıvısında fiziksel ve kimyasal özelliğini kaybetmemek,
- ^ Taşıma işleminden sonra kolayca sudan arıtılabilmek,
- Daha sonraki teknolojik işlemler için gerekli nitelikleri taşıma işlemi esnasında da koruyabilmek,
- Taşıma sıvısı ile kimyasal reaksiyona girerek boru korozyonuna neden olmamak,

B. Hammadde Yatağına Bağlı Etkenler

- Pipeline taşımacılığının alternatif sistemleri olan özellikle deniz, nehir ve zaman zaman tren yolu ile taşıma olanakları kısıtlı konumda bulunmak,
- Çevresinde pipeline taşımacılığı için gerekli yeterli su kaynaklarına sahip bulunmak; flotasyon işlemi sonrası yapılacak pipeline taşımacılığı için bu tür bir sorun

söz konusu olamaz, çünkü flotasyon işleminden çıkan konsantre filtrelemeden pipeline karışım hazırlama işlemine doğrudan verilebilir.

- Yatağın madencilik ve zenginleştirilmesine ek olarak pipeline taşımacılığı için gerekli ve yeterli ek enerji gücüne sahip olmak (bu değer hattın hidrolik gradyanına ve uzaklığına bağlı olarak ortalama 500-6500 kW arasında değişmektedir).

C. Diğer Etkenler

- Hammadde için geliştirilen teknolojinin pipeline taşımacılığına uyarlanabilir olması,
- Pipeline vans noktasında taşıma kapasitesi için gerekli ve yeterli sudan arıtma, depolama, pipeline suyunu temizleme ve yükleme kapasiteleri yaratmak,
- Bu konuda deneyimli elemana sahip bulunmak.

3.2. PIPELINE TAŞIMA TESİSLERİ

Şekil No. 2 de bir pipeline tesisinin şematik yapısı sunulmuştur. Şekilden de görülebileceği gibi, tesis,

- Hammadde karıştırma ve hazırlama,
- Pompa istasyonları ile birlikte asıl pipeline hattı,
- Sudan arıtma ve bir sonraki teknolojik işleme hazırlama üniteleri

olmak üzere 3 ayrı üniteden oluşmaktadır. Birinci ünite, katı hammadde uygun tane iriliğine getirildikten sonra, taşıma sıvısı ile yoğun bir biçimde karıştırılır. Karışım oranı, en az enerji tüketimi ile en fazla hammadde taşıyabilecek şekilde düzenlenmelidir.

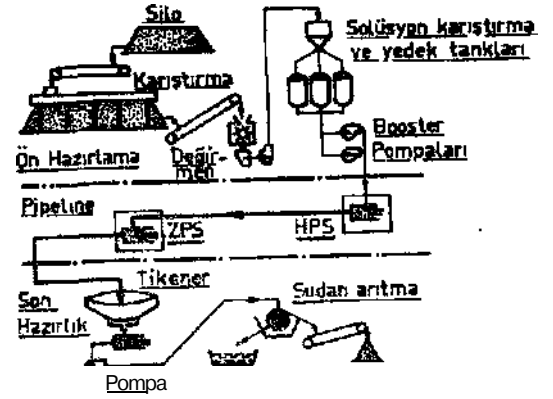
Esas pipeline ünitesinden ise elde edilen mümkün olduğu kadar homojen katı - sıvı karışımı, uygun pompalar aracılığıyla ulaşımı «kritik akıntı hızında» gerçek-

lestirecek biçimde gönderilir. Genel olarak, karışım asıl pompalama işlemine verilmeden önce 250 m uzunluğa kadar varan test hattında denenir ve gerekli düzenlemeler yapılır.

ikinci ünite de en önemli sorun, akıntı hızının mümkün olduğu kadar tüm pipeline hattı boyunca «kritik akıntı hızı» düzeyinde tutulmasıdır. Bu işe uygun yerlere ara pompalama istasyonları veya vanalar yerleştirilerek veya boru çapının buna göre seçilip değiştirilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Ara pompalama istasyonları seçeneğinden olabildiğince kaçınmak gerekir. Çünkü genellikle ulaşım olanakları kısıtlı yerlerden geçen hatdaki böyle bir istasyon için gerekli enerjinin sağlanması büyük bir sorun olmaktadır. Kolnsberg, (1979) bu tür ara pompalama istasyonlarında kullanılabilecek ve uzunca süre bakım gerektirmeyen termo ve yakıt jeneratörleri ile güneş enerjisi ile çalışan sülüllerin bir dökümünü vermektedir.

Pipeline hattı, zorunlu olmayan koşullarda toprak üstünde ve herhangi bir kazı işlemine gerek kalmadan yerleştirilir. Hopa -Murgul hattında olduğu gibi, tarım alanlarını etkilememek için ve hat yerleşim alanlarından geçtiği takdirde yer altına, hatta gerekirse tüneller kazarak yerleştirilir. Heide (1979)'a göre, hafriyat makina ve yöntemlerinin ileri düzeyde olması, pipeline'ların yer altına yerleştirilmesini ekonomik hale getirdiğini belirtmektedir. Yer altına yerleştirilen hatların güvence açısından daha avantajlı olduğu, buna karşın hattın bakım ve onarımı için sakıncalar doğurabileceği kuşkusuzdur.

Pipeline taşıma sisteminin üçüncü ve son ünitesinde, öncelikle taşınan hammaddenin sudan arıtılması, kurutulması ve gerektiğinde bir sonraki işlem için hazırlanması gerekir. Ayrıca, bu aşamada pipeline suyunun çevreyi olumsuz etkilemeyecek bir biçimde temizlenmesi de en önemli görevlerden birini oluşturur. Bunun yanında, kapasitesi pipeline tesisinin



Şekil No. 2 : Katı madde taşımaya yönelik bir pipeline sisteminin şematik yapısı.

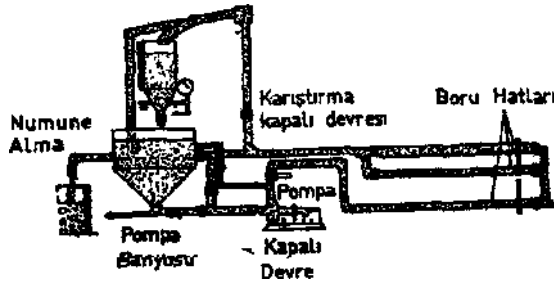
kapasitesine göre ayarlanmış yükleme olanaklarının gerekliliği de gözönüne alınmalıdır.

Tüm tesis ve üniteleri, genellikle 20 - 25 yıllık bir süre için dizayn edilir. Bu konuda en önemli sorun, boru içinde taşıma nedeniyle ortaya çıkan fiziksel aşınmanın bu süre içinde borunun mekanik dayanıklılığını ortadan kaldırmasıdır. örneğin, KBI'nin Murgul Hopa pipeline'ında 12 yıllık sürede borudan 3,8 mm lik bir aşınmanın ortaya çıkacağı hesaplanmıştır (McDonald ve Arkadaşları 1973). Bu işe, boru et kalınlığının uygun biçimde seçilmesi ile önlenmektedir.

Bundan önce de belirtildiği gibi, bir pipeline tesisinin dizaynı için gerekli veriler, bunun için kurulmuş özel deneme tesislerindeki uygulamalardan elde edilmektedir. Zira, gerek karışımının «ideal sıvı» olmaması ve gerekse parametre sayısının yüksek olması nedeniyle, teorik olarak elde edilen veriler, uygulamadan farklı olmaktadır. Şekil No. 3'de, Batı Almanya'daki «Stahlwerke Peine Salzgitter AG (P+S)» firmasının Braunschweig Teknik Üniversitesi ile ortak çalıştığı böyle bir tesisin şematik görünüşünü vermektedir. Bazı bölümlerinin saydam olduğu ve dolayısıyla hidrodinamik olayları gözle doğrudan izlemek olanağı bulunan bu tesiste, ilk aşamada sözkonusu hammadde türü ve amaçlanan kapasite için

- kritik hız
- optimal katı - sıvı oram
- en uygun boru çapı
- en uygun boru malzemesi ve etkalınlığı

gibi temel parametreler saptanmaktadır. İkinci aşamada, deneme tesisi elde edilen değer koşullarında gerçek endüstriyel uygulama süresi kadar bir sürede çalıştırılarak ortaya çıkabilecek tüm sorunlar önceden belirlenmeye çalışılmaktadır.



Şekil No. 3 : Bir pipeline tesisinin çalışma koşullarını belirlemek amacıyla kullanılan bir deneme tesisinin şematik görünüşü.

3.3. ÖRNEKLERLE PIPELINE TAŞIMACILIĞININ MADENCİLİĞE UYGULANMASI

Tablo No. 4'de, 1979 Mart ayı durumu itibariyle, dünyada katı madde taşıma amacıyla kullanılan tüm pipeline uygulama örnekleri ve bunların teknik nitelikleri verilmiştir.

Dünyada madencilikte uygulamaya konulan ilk pipeline tesisi 1957 yılında ABD'nin Ohio eyaletinde kurulmuştur. 1,3 milyon t/yıl kapasiteli bu pipeline, Consolidation OH kömür yatağından 174 km uzaklıktaki Erie Gölü kenarında bulunan termoelektrik santralına kömür taşımak amacıyla taşımaktaydı. Ana kuruluş gerekçesi, her iki yer arasında bulunan ve pipeline kurulmadan önce taşıma işlemini gerçekleştiren tren yolu tarifesi'nin (pipeline tren yoluna hemen hemen paralel olarak yerleştirilmiştir), yatağın ve termoelektrik santralın ekonomikliğini tehdit edici boyutta yüksek olmasına

dayandırılmıştır. Hat kurulduktan kısa bir süre sonra, tarifenin tren yolu işleten kuruluş tarafından bu kez pipeline'm ekonomikliğini yokedici biçimde indirildiğinde, tesis 1964 yılında faaliyetini durdurmuştur.

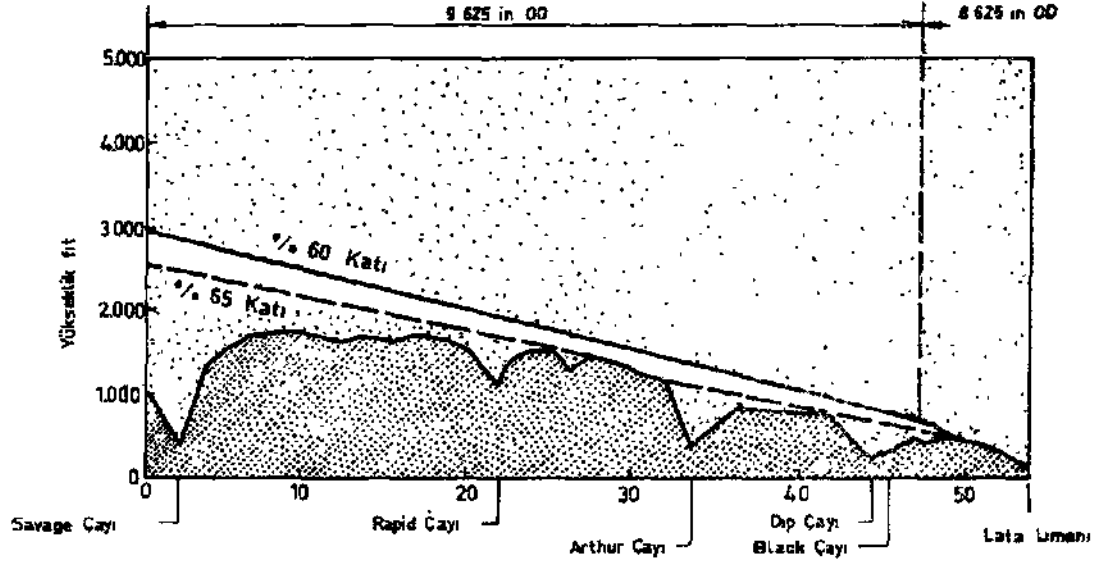
1957 yılında kurulan diğer bir pipeline tesisi de 116 km. uzunluğundaki 0,4 milyon t/yıl taşıma kapasiteli American Gilsonite Co. ya ait tesistir. Hat, kuruluşun Utah'daki gilsonit (koyu renkli bir asfaltit türü) ocağından Colorado'daki Grand Junction kentindeki rafineriye gilsonit taşımaktadır (Engineering Mining J., Haz. 1979). 4,7 mm tane iriliğine kırılan gilsonit, %48 lik bir katı-sıvı oranıyla 10,4 litre/saniyelik bir hızla taşınmaktadır (Tablo No. 4).

439 km. ile halen çalışan tesisler içinde en uzununu 1970 yılında faaliyete geçen ABD'nin Arizona eyaletindeki Black Mesa pipeline'idir. Yılda 4,8 milyon ton kömür taşımak amacıyla kullanılan pipeline, 10 yıla yakın bir süreden beri hiçbir sorun yaratmadan çalışmaktadır. Maksimum tane iriliği 1,2 mm, katı sıvı oranı ortalama %50 olan tesiste toplam gücü 1500 PS olan 6 pompa taşıma işlemini gerçekleştirmektedir.

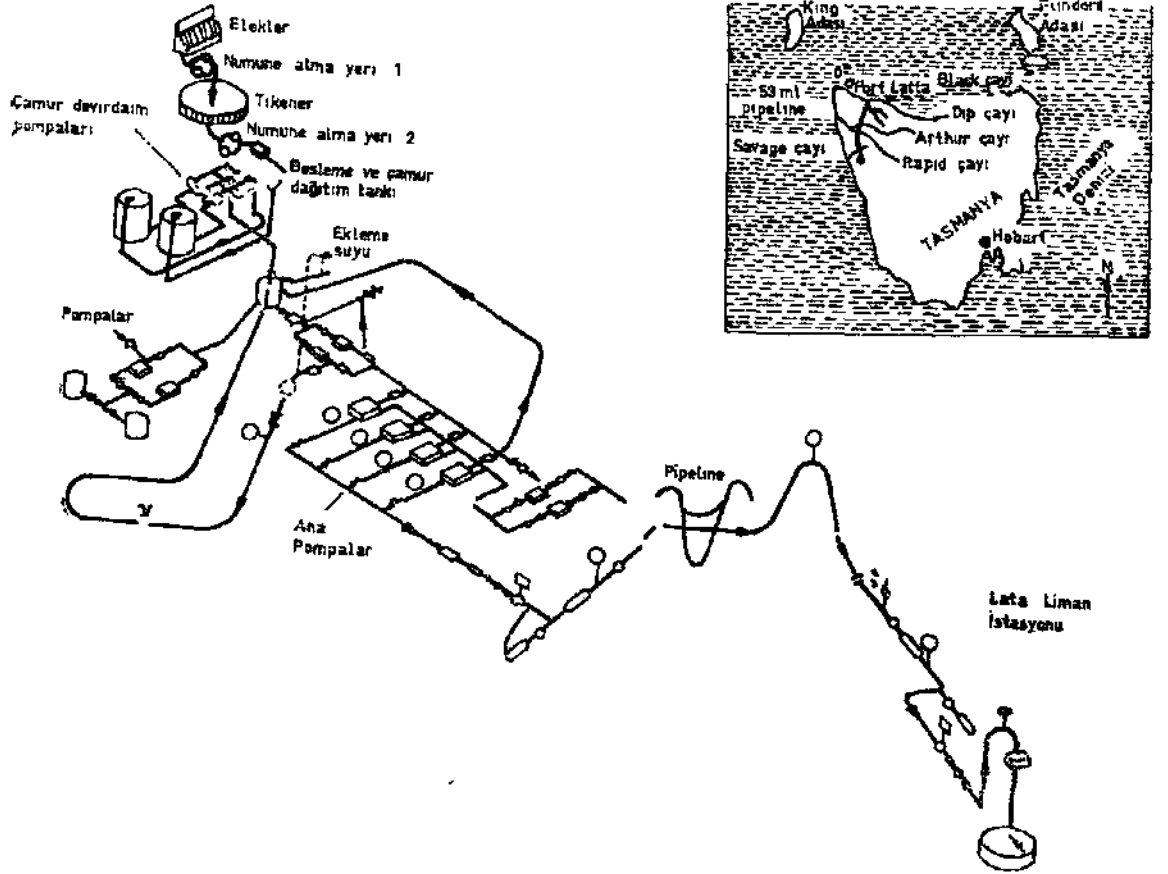
Buna karşın ilk demir konsantresi taşıyan pipeline tesisi 1967 yılında Avustralya'nın Tasmanya adası üzerinde Savage River'de kurulmuştur. Sistem şeması, profili ve hidrolik gradyanı Şekil No. 4 ve 5 de gösterilen tesis, adanın kuzeybatısındaki magnetit yatağından elde edilen 2,25 milyon tonluk magnetit konsantresini 85 km. uzaklıktaki Port Latta limanına taşımaktadır. + 74 mikron fraksiyon oranı % 5 i aşmayan magnetit konsantresi, demagnetize edildikten, katı-sıvı oranı % 63 - 69 olarak ve pH derecesi sönmüş kireçle 11 e ayarlandıktan sonra pompalamaya tabi tutulmaktadır. Kritik hız % 60 lık katı - sıvı oranında 1,22 m/saniye'dir.

TABLO NO. 4 — Mart 1979 itibariyle dünyada çalışmakta olan pipeline tesisleri ve teknik özellikleri [Pitts ve Chapman (1979)'a göre]

Hammadde Türü	Adı	Uzunluğu (km)	Çapı (mm)	Yıllık Kapasite (milyon t)	Yılı	Alam Hızı (litre/s)	Katı-Sıvı Oranı %	Maksimum Tane İriliği mm -
Kömür	Consolidation OH	174	25,4	1,3	1957	35	50	1,2
	Black Mesa	439	45,7	4,8	1970	132,5	45—50	1,2
Kireçtaşı	Calveras	27,4	17,8	1,5	1971	88,3	70	0,6
	Hugtfy/Ingtttere	92	25,4	1,7	1934	132,5	—	0,6
	Trinidad	10	20,3	0,6	1959	57,7	70	0,6
Baku*	Bougainville	27,4	15,2	1,0	1972	40,4	56-70	0,23
Konsantresi	West Irian	111	10,2	0,3	1972	8,7	60—65	0450
	KBI/Türkiye	63	12,7	1,0	1971	15,8	45	0,15
	Pinto Valley	17,7	10,2	0,4	1974	12	55—65	0,15
Demir Kon-santresi	Savage River	85	22,9	2,25	1967	24,4	55—60	0^5
	Waipipi/Y.Zelanda	6,4	20,3	1,0	1971	145	45	1,2
	Pena Colorado	48	22,9	1,8	1974	406,9	45	1,2
	LasTruchas	27,4	20,3	1,5	1976	69,4	55—65	0450
	Sierra Grande	32	20,3	2,1	1976	53	55-65	04
	Samarco	403	50,8	12	1977	52,4	60—70	0,074
	Chongin/K. Kore	98	—	4,5	—	—	—	—
	Kudremuth/Hind.	67,6	45,7	7,5	1979	290,2	60—70	045
Gilsonit Bakır Artıkları	Gilsonft	116	15,2	0,4	1957	10,4	48	4,7
	Japonya	71	30,5	0,6	1968	51,8	18	şlam
Nikel Artıkları	Avustralya	6,9	10,2	0,1	1970	6,2	49—60	0,35
Fosfat Kons.	Valep	119	22,9	2,0	1979	36,5	60—65	0,15

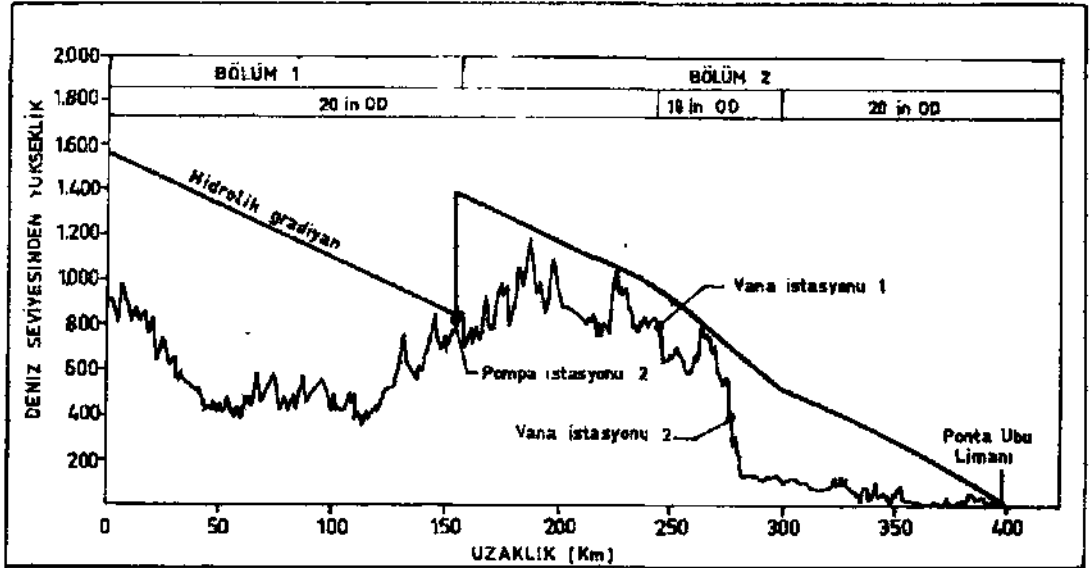
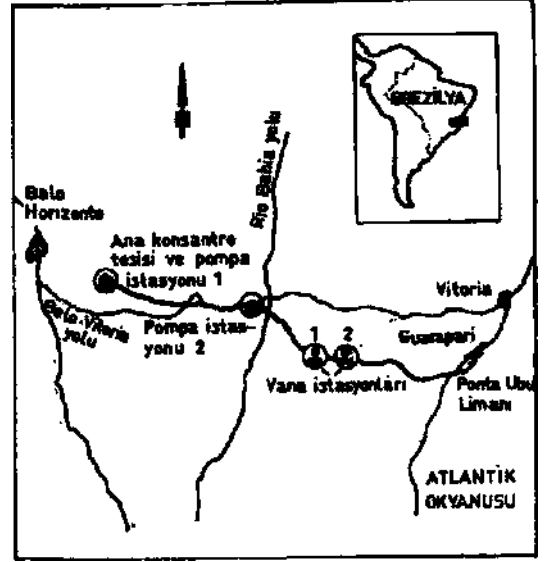


ŞEKİL NO. 4 — Savage River pipeline profileve hidrolik gradyanı (Engineering Minin J., Haz. 1979)



ŞEKİL NO. 5 — Savage River pipeline'nunın şematik görünüşü.

ŞEKİL NO. 6 — Samarco Pipeline hattı.



ŞEKİL NO. 7 — Samarco pipeline profili ve hidrolik gradyanı (Engineering Mininj J., Haz. 1979).

Savage River Pipelined, çok dağlık ve başka hiçbir taşıma seçeneği bulunmayan bir araziden geçmektedir. Glienke (1979) ye göre, yatak işletilebilirliğini bu pipeline tesisine borçludur.

12 Milyon ton ile yıllık taşıma kapasitesi en büyük pipeline tesisi, 1977 yılının Eylül ayında faaliyete geçen Brezilya'daki Samarco pipeline'dır (Şekil No. 6 ve 7), Tesis 1,65 milyar ton rezervli öermano ita birit yatağından elde edilen hematit kon-

santresini 403 km. uzaklıktaki Ponta Ubu limanına taşımaktadır. Bunun için o-caktan çıkan ham cevher önce -100 mm ye kırılmakta ve devamında kademeli olarak -0,15 mm ye öğütülmektedir. Eleme ve siklonlar yoluyla şlamdan arıtma işlemlerini flotasyon işlemi izlemektedir. Bu aşamada, gang minerallerinin amina-setat toplayıcılar yoluyla yüzdürülüp hematitin çöktürülmesi ilkesine dayanan ters flotasyon uygulanmaktadır. pH de-

geri ile NaOH yoluyla 10 -10,5 olarak ayarlanmaktadır (Burghardt ve Wasmuth, 1975).

% 66 Fe içeren flotasyon konsantresi, bir öğütme - eleme kapalı devresinde -0,074 mm ye öğütüldükten ve tikenerlerde uygun katı-sıvı oranına ayarlandıktan sonra toplam hacmi 15000 m³ olan 4 adet besleme tankına verilmektedir. Pipeline'a pompalamadan önce karışım, 250 m uzunluğundaki test hattından geçirilmekte ve katı-sıvı oranı son olarak %60'a (hacimsel olarak % 23,3) ayarlanmaktadır. Pompalama tesisi ve yatak 1000 m yüksekliktedir (Şekil No. 7). 80 km lik bir eğimden sonra, başlangıçtan itibaren 187 km. uzaklıkta 1200 m de en yüksek noktasına ulaşmaktadır. Akım hızı 1,65 ile 2,2 m/san arasında, boru et kalınlığı hattaki hidrodinamik koşullara bağlı olarak 8-20 mm arasında değişmektedir. Tesiste ana pompa istasyonundan başka, 152. km de ikinci bir pompa istasyonu da vardır (Erdmann, 1979).

Pipeline liman yakınındaki bir arazide son bulmaktadır. Gelen katı - sıvı karışımı 41 m lik tikenerlerde toplanarak oran 700 g/litre olacak şekilde ayarlandıktan sonra, toplam hacmi 11000 m³ olan 3 yedek tanka verilmektedir. Ayrıca, ivedi durumlar için toplam hacmi 160 000 m³ olan yedek göl hazır tutulmaktadır.

Sudan ayırımı, 2,7 m çapındaki ve 2000 m² toplam yüzeye sahip 16 adet vakum filtrelerden geçirilmektedir. Filtreden geçen pellet besleme maundaki son nem <#>85 olarak ayarlanmaktadır. Silolara yerleştirilen konsantre, 8 adet 7,8 m çapındaki pelletleme tablasından geçirilerek «yeşil» pellet elde edilmekte ve 175 m uzunluğundaki sinterleme bandında pişirildikten sonra satışa sunulmaktadır.

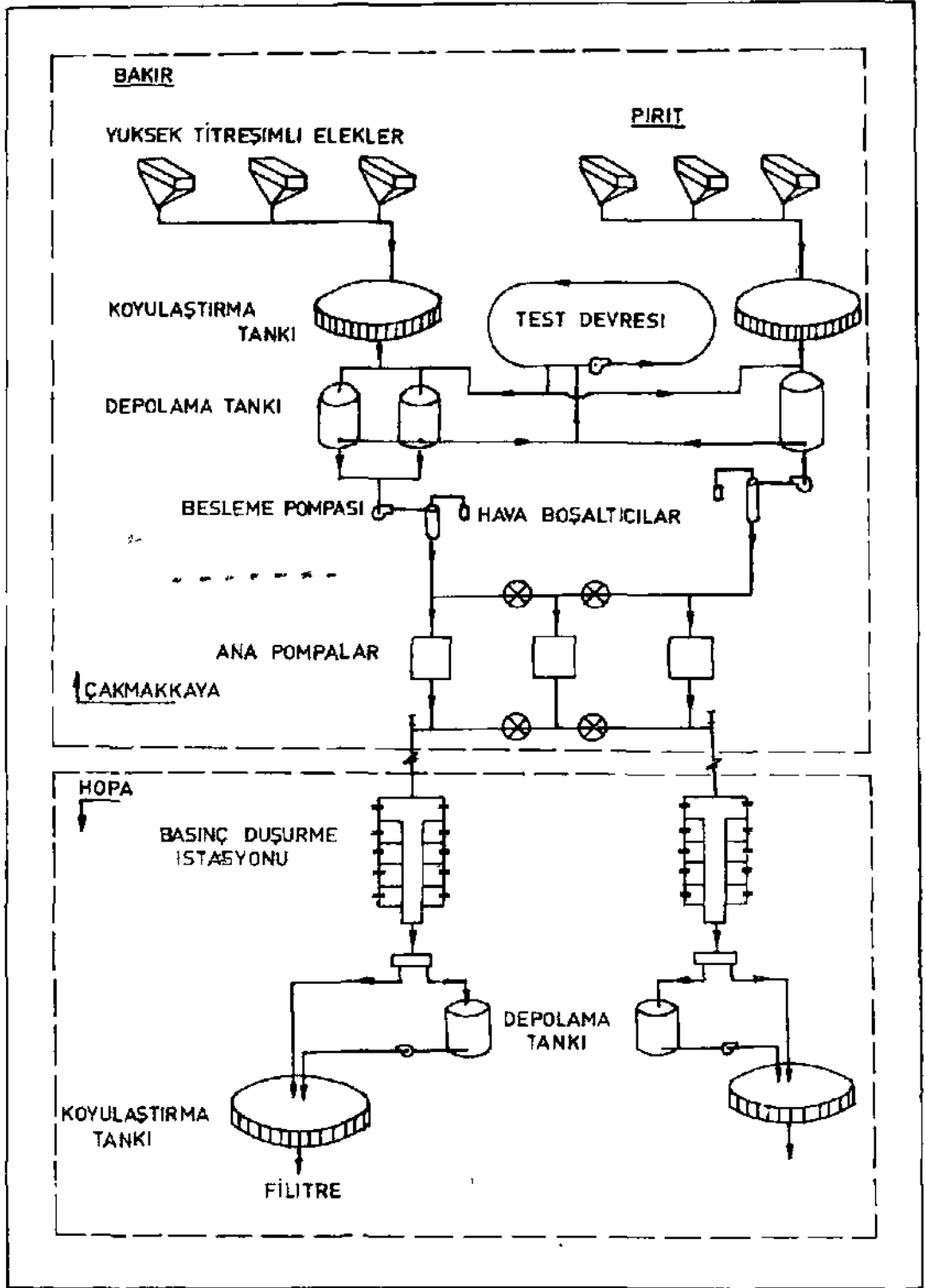
Tesiste malzemenin kalma süresi 72 saat olarak belirlenmiştir.

Pipeline taşımacılığına uygun diğer bir hammadde türü de, sülfürlü bakır konsantreleridir. Bu konuda ilk uygulamanın Türkiye'de olması ilginçtir. KBi'ye ait

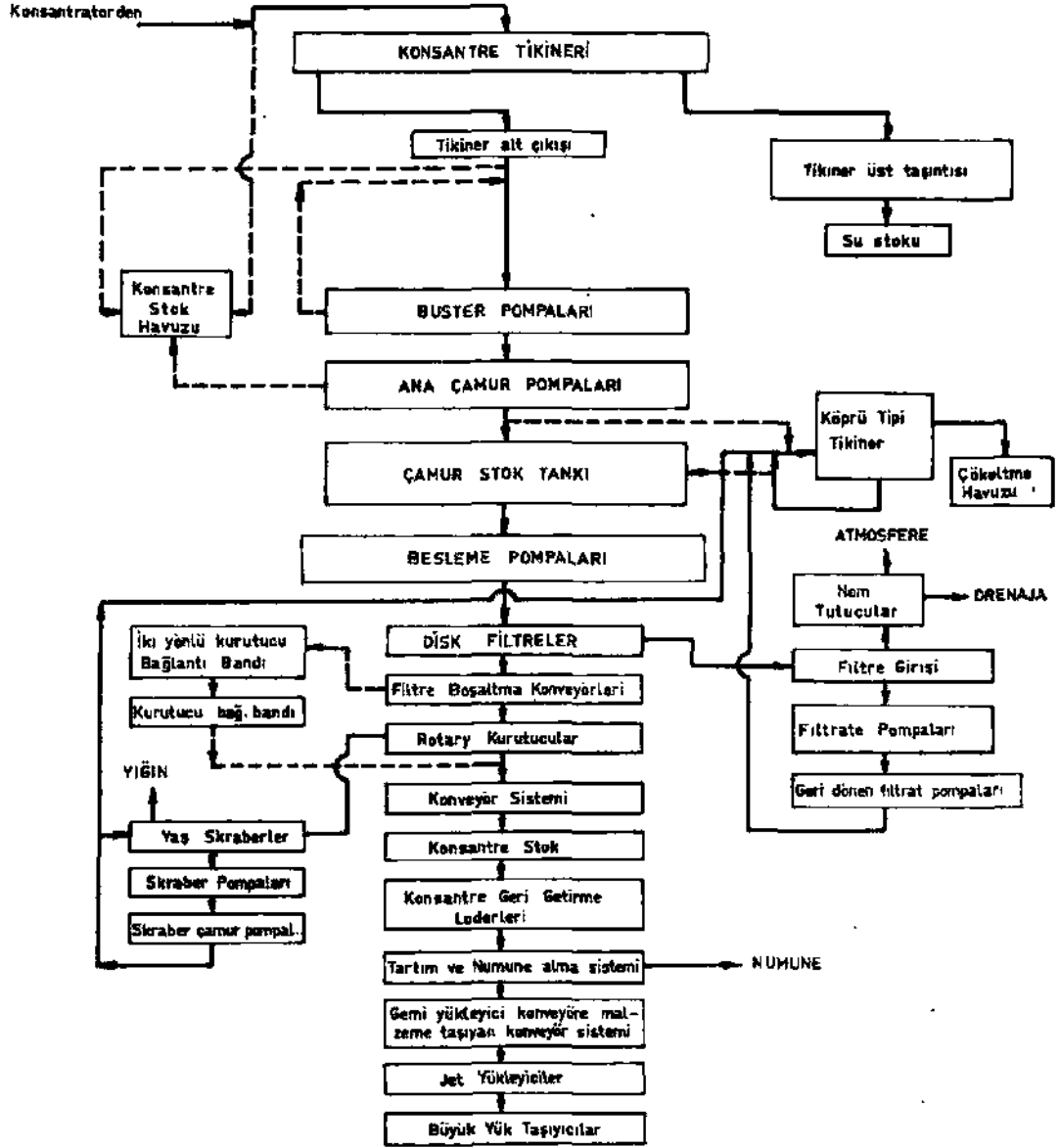
Murgul - Çakmakkaya bakır yatağında elde edilen bakır konsantresinin, yatağın yakınında bulunan Etibank'a ait izabe tesisi (gerekli kapasite artışı gerçekleştirilerek) veya yatağın yakınında kurulacak yeni bir tesis yerine, hiçbir hammadde temeli olmayan Samsun'da izabe etme yanılığısı, konsantrenin önce Hopa'ya ve oradan da deniz yoluyla Samsun'a taşıma zorunluluğunu ortaya koymuştur. Bu iş için, projeyi yapan «McKee Overseas Corp.» firması tarafından pipeline taşımacılığı en uygun yöntem olarak belirlenmiştir. «Colorado School of Mines» Laboratuvarlarındaki deneme tesis verilerine göre dizayn edilen boru hattı akım şeması, profili ve hidrolik gradyanı Şekil 8 ve 9'da, teknik özellikleri de Tablo No. 4 ve 5 de sunulmuştur. Tesisin diğer örneklerden ayıran en önemli özelliği, hattın iki ayrı hammadde (kalkopirit ve pirit konsantreleri) türlü taşımak amacıyla çift olarak döşenmesidir (Şekil No. 8).

Şekilden de görülebileceği gibi, flotasyondan gelen bakır ve pirit konsantreleri elendikten sonra -0, 1 mm bölümü koyulaştırma tanklarında uygun (% 41) katı sıvı oranına ayarlanmakta, her iki devre için ortak kullanılan bir test devresinden geçirildikten sonra besleme pompasına verilmektedir. Havanın oksijeninin konsantredeki S⁻³ yi oksitleyip H₂S₄ meydana getirerek korozyona yolaçmaması için karışımın havası boşaltıldıktan sonra ana hatta pompalama işlemi gerçekleştirilmektedir. Kot farkının büyük olması nedeni ile (Şekil No. 9), hat için ek bir pompalama işlemine gerek yoktur; aksine Hopa'da 75 atmosfere ulaşan basıncın düşürülme zorunluluğu bulunmaktadır,

Hopa'da bulunan tikener ve filtre tesislerinde cevher sudan arıtılarak gemiyle taşınabilecek bir duruma getirilmektedir. Nisan 1970 de yapımına başlanan tesis, Ekim 1973'de tamamlanmış, ancak Samsun'daki izabe tesisinin gecikmesi nedeniyle devreye alınması 1974 yılını bulmuştur.



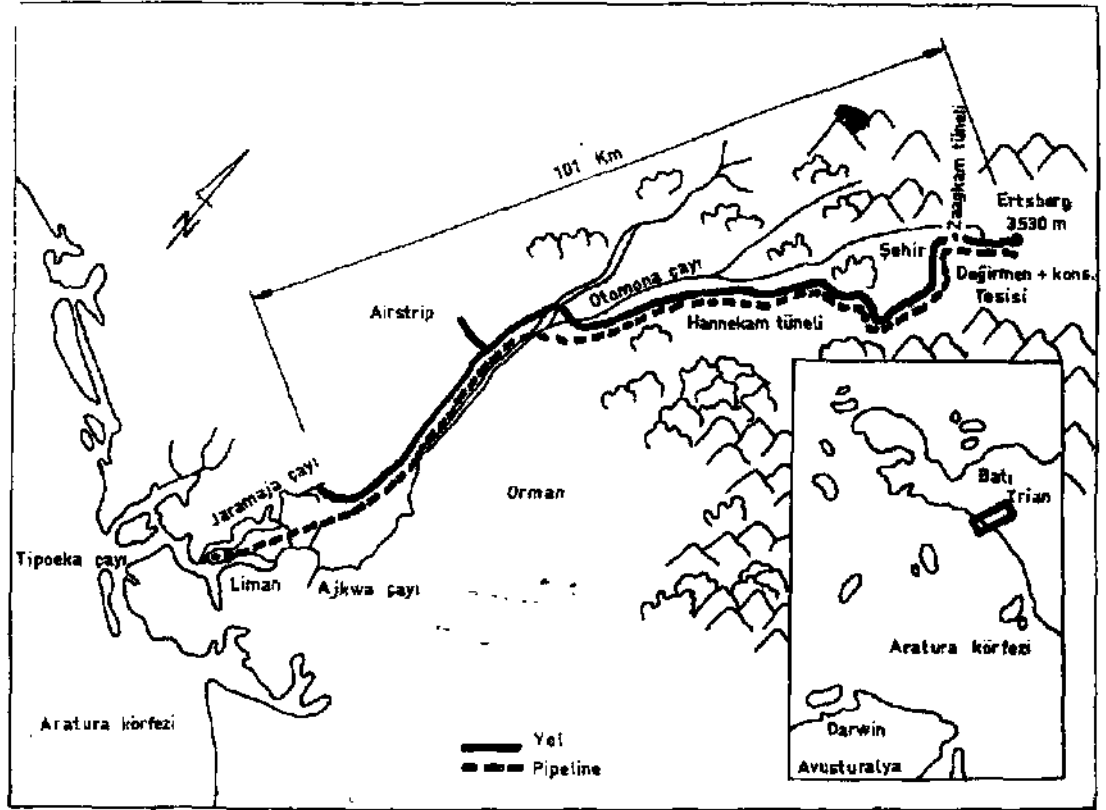
ŞEKİL NO. 8 — KBI Murçul - Hopa konsantre pipeline'ı akış diyagramı (McDonald ve Arkadaşları, 1973).



ŞEKİL NO. 10 ~ Bougainville pipeline tesisinin akım şeması (Engineering and Mining J. Haz. 1979).

defalık pompalama işlemi ile yılda 1,0 milyon ton konsantre taşınmaktadır (Engineering and Mining J., Haz. 1979). Ertzberg örneğinde ise (Şekil No. 11), 3530 m. yükseklikte bulunan yataktan elde edilen %26 Cu içerikli bakır konsantresi 111 km. uzaklıktaki limana taşınmaktadır. 17,7 km. uzunluğundaki Pinto Valley örneğinde ise (Şekil No. 12), taşıma bir limana veya bir İzabe tesisine değil, bir

tren istasyonuna yapılmaktadır. Başka bir deyimle, yataktan pipeline'la pompalanan konsantre bir tren istasyonuna taşınmakta, burada sudan arındırılıp kurutulduktan sonra trenle taşınmaktadır. Burada trenyoü ve pipeline taşımacılığının bir kombinasyonu sözkonusudur. Aynı kombinasyon, en yeni pipeline tesislerinden biri olan Brezilya'daki Valep için de sözkonusudur. % 8 P_2O_5 içeren ve

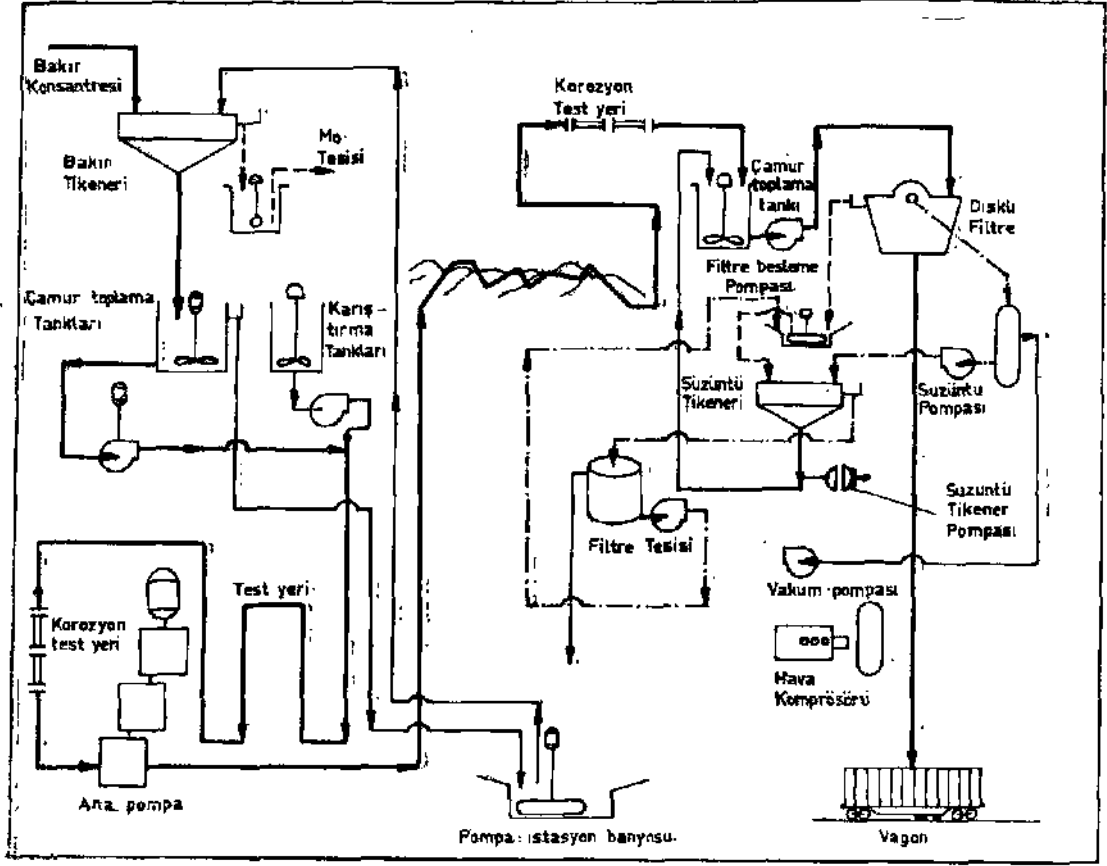


ŞEKİL NO. 11 — Ertzberg bakır konsantresi taşıyan pipeline tesisi ve güzergahı (Engineering and Mining J., Haz. 1979)

yan ürün olarak da anatas içeren Tapira'daki apatit - anatas cevheri, flote edildikten sonra 2 milyon t/yıl kapasiteli pipeline tesisi ile Rio Grande nehri yakınındaki ve Brasilia - Sao Paulo demiryolu üzerindeki Uberara demiryolu istasyonuna taşınmakta, buradaki sudan arıtma ve kurutma işlemlerine tabi tutulduktan sonra trenle Sao Paulo'ya gönderilmektedir. Elde edilen fosfat konsantresinin tenoru %37 P_2O_5 olup, pipeline'la taşınabilir maksimum tane iriliği 0,21 mm dir. Ancak, konsantrenin % 35 i $-0,044$ mm nin altındadır. Konsantre flotasyon işleminden sonra herhangi bir öğütme işlemine tabi tutulmadan, yalnızca katı-sıvı oranını %60-65 e göre düzenlendikten sonra pipeline'a verilmektedir. Korozyonu önlemek için pH derecesi soda ile 9,5 -10 a ayarlanmakta ayrıca taşıma suyunun içindeki oksijenin korozyona neden olmaması için sıvı - katı karışımı içine Na_2S ila-

ve edilmektedir (Engineering Mining J., Haz. 1979).

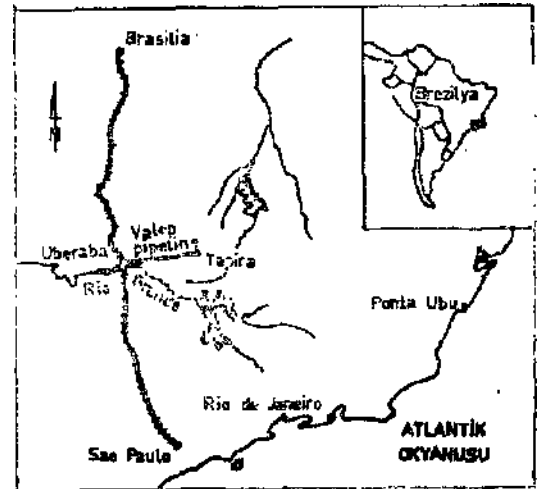
Pipeline taşımacılığının bu genel uygulaması yanında, bu sistemin daha yaygın uygulanabilirliğini sağlamak amacıyla yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Bunlardan en önemlisi ve en ilginç, ABD'de deki bir firma tarafından geliştirilmekte olan ve taşıma ortamı olarak su yerine sıvı CO_2 kullanılmasını öngören sistemdir. Buna göre, taşınacak kömürün belli bir bölümü yakılarak CO_2 elde edilmekte ve sıvılaştırıldıktan sonra pipeline taşıma ortamı olarak kullanılmaktadır. Taşıma işlemi sona erdiğinde, kömür CO_3 den kolayca ayrıldıktan sonra ya tekrar kullanım için geri pompalanmakta veya uygun pazar koşullarında satışa sunulmaktadır. Denemelerin başarılı sonuçlanması halinde, özellikle pipeline'la kömür taşımacılığında yeni bir çığır açı-



ŞEKİL NO. 12 — Pihto Valley pipeline tesisinin genel akan şeması (Engineering Mining: Journal, Haz. 1979).

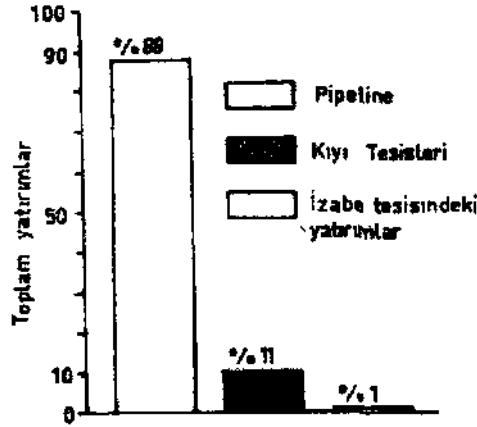
lacağı kuşkusuzdur. Çünkü bu yöntem sayesinde,

- Su gereksinimi ortadan kalktığı için pipeline'm yeterli su kaynaklarının olmaması nedeniyle uygulanamama durumu ortadan kalkmaktadır;
- Taşıma işleminden sonra sudan arıtma diye bir sorun olmayacağı için, şimdiye kadar pipeline'la bu nedenle taşınamayan linyit ve koklaşabilir taşkömürleri de taşınabilecektir;
- Bunun yanında katı - sıvı ayırımı ve kurutma işlemleri de ortadan kalkmaktadır; -
- Sıvı CO₂ nin düşük yoğunluğu nedeniyle taşıma işlemi için daha az pompalama enerjisi gerekecektir;

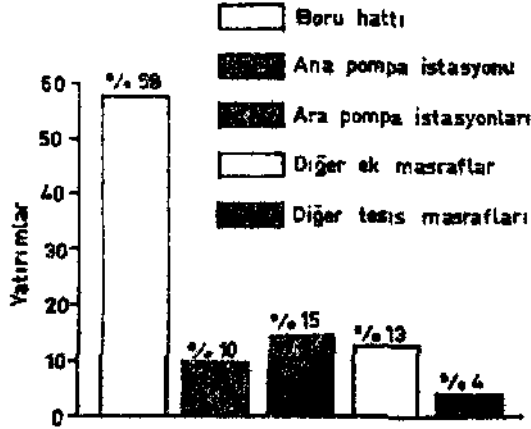


ŞEKİL NO. 13 — Valep fosfat pipeline'nin konumu.

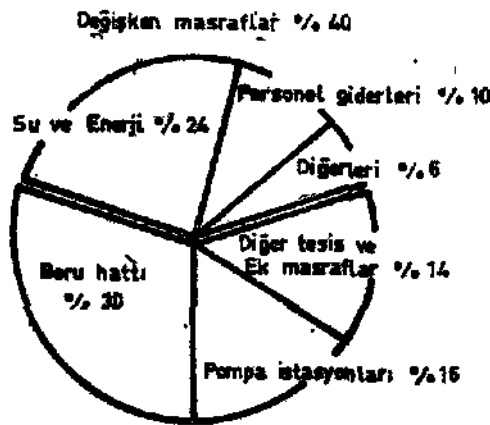
- Borudaki yıpranma da minimum düzeye inecektir.



ŞEKİL NO. 14 — Bir pipeline tesisindeki yatırımların genel dağılımı [Glienke (1979)'ye göre].



ŞEKİL NO. 15 — Boru hattının yatırımındaki dağılım [Glienke (1979)'a göre]



Sabit giderler V. 60

ŞEKİL NO. 18 — Bir pipeline tesisindeki maliyet dağılımı [Glienke (1979)'a göre]

Sonuçta tüm bu veriler, su yerine sıvı CO₂ le taşımamanın en az % 30-50 arasında daha ucuz olmasına yolaçabilecektir. (Mining Equipment, Nisan 1980, S. 37).

Geleneksel pipeline taşımacılığında farklı da olsa, değişik bir uygulama da Japonya'da denmektedir. Nippon Steel Corporation tarafından geliştirilen bu uygulamaya göre, boru içindeki taşıma işlemi 2,3 m uzunluğundaki bir kapsül yoluyla gerçekleştirilmekte ve 30 km/saat'teki taşıma hızı basınçlı hava yoluyla sağlanmaktadır. Aslında «skip» le kuyu taşımacılığına daha yakın benzerlik taşıyan bu yöntemin Özellikle açık işletmelerdeki denemelerinin başarılı olduğu bildirilmektedir.

3.4. EKONOMİK AÇIDAN PIPELINE TAŞIMACILIĞI

Pipeline taşımacılığı, öncelikle sermaye yoğun bir taşımacılık sistemidir. Cabrera (1979) : yatırım maliyetinin toplam maliyetteki payını % 75 olarak vermektedir. Şekil No. 14'de yatırımların genel dağılımını sunulmuştur. Burada, bir pipeline tesisi, varış terminaleri ile birlikte bir bütün kabul edilerek bu taşıma sistemi için ek olarak yapılması gereken yatırımlar gözönüne alınmıştır. Buradan da görülebileceği gibi, pipeline tesisinin boru hattı toplam yatırımın % 88 lik gibi en önemli bölümünü oluşturmaktadır. Boru hattı için yatırımların dağılımı ise Şekil No. 15'de sunulmuştur. Burada da boru malzemesi % 58 lik bir bölümü oluşturmaktadır.

Bir pipeline tesisindeki maliyet dağılımı; Glienke (1979)* ye dayanılarak Şekil No. 16 da verilmiştir. Burada göze çarpan en önemli olgu, personel giderlerinin % 10 ile çok düşük olmasıdır. BersonerZ giderlerinin toplam maliyetteki payının trenyolu taşımacılığında < 50, nehir taşımacılığında %45 olduğu düşünülürse, durum daha iyi anlaşılabilir olur. öte yandan, bir pipeline tesisinde sabit giderler toplam giderlerin % 60 ını oluşturmaktadır. Tabii burada da en önemli maliyet öge-

si pipeline boru hattı olmaktadır. Bu nedenle, kurulacak tesiste en önemli bölümü pipeline hattı oluşturmakta ve dizaynında bilinçli davranmak gerekmedir.

öte yan<&n pipeline taşımacılığı, fiyat artışlarından en az etkilenen taşımacılık sistemi olmaktadır.

Bundan başka, Erdmann (1979) a göre, SajnarçQ pipelined yaklaşık 100 Milyon Dolar'a mal olmuştur. Yazara göre, bu tür tesislerde birim km başına 25.000 Dolarlık bir yatırımı temel kabul etmek gerekir.

4. PIPELINE TAŞIMACILIĞI VE DÜNYA MADENCİLİĞİNDEKİ YERİ

Yukarıda belirtilen verilerin ışığında, pipeline taşımacılığını, diğer taşıma sistemlerine olan üstünlüklerini şu şekilde özetlemek mümkündür :

- pipeline taşımacılığı arıza yapma olasılığı az ve bakımı oldukça kolay bir sistemdir;
- Trenyolu veya kara yolunun aksine, tarım ve yerleşme alanlarını etkilemeden kurmak olasıdır. Bu nedenle, maliyetteki istimlak giderlerinin payı çok düşüktür;
- *~ Dış etkilerden en az etkilenen taşıma sistemidir;
- Hemen hemen hiçbir çevre sorunu yaratmaz;
- Fiyat artışlarından en az etkilenen sistemdir;
- Diğer taşıma sistemlerinin aksine sürekli bir sistemdir;
- Gemi taşımacılığından sonra en ucuz yöntemdir (Tablo No. 1).

Bu üstünlükler nedeniyledir ki, son yıllarda çokuluslu kuruluşların denetimdeki dünya madenciliğinde pipeline taşımacılığının etkinliği giderek artmaktadır. Tablo No. 4 de Mart 1979 itibariyle faa-

liyetinde bulunan tüm pipeline tesislerinin yıllık taşıma kapasitesi 49,4 milyon ton* dur. Glienke (1979)'ye göre, halen proje safhasında bulunan pipeline tesislerinin devreye girmesiyle bu değer kısa zamanda 5 katı artarak 250 milyon tona çıkacaktır. Görünüşe göre maden üreticileri, özellikle pipeline taşımacılığındaki düşük personel giderlerinin etkisiyle giderek artan bir oranda pipeline taşımacılığına yönelmektedir.

Pineline taşımacılığının değerlendirilmesinde yalnızca ekonomik ve teknik kriterlerin değil, sosyo - ekonomik kriterlerin de göz önüne alınması gerektiği kuşkusuzdur. Bu tür bir değerlendirme işleminde ortaya şu olumsuzluklar çıkmaktadır;

- Hemen hemen tüm diğer taşıma yöntemlerinin aksine pipeline taşımacılığını ancak belirli hammaddeler için uygulamak olasıdır;
- Yöntem ancak tek bir hammadde türü için uygulanabilmektedir;
- Sermaye yoğun bir yöntemdir; yalnızca boru hattı için ortalama 25000 Dolar/km lik bir yatırım gerekmektedir;
- Bu kadar pahalı bir yatırımdan, diğer taşıma yöntemlerinin aksine, tek bir yön ve tek bir amaç için yararlanmak mümkündür;
- Taşıma işlemi ancak sıvı ortamla birlikte mümkün olduğundan, %Z0 ile % 60 arasında değişen kütleli boşyere taşınmış olmaktadır: KB1 Murgul-Hopa tesisi gözönüne alınırsa, katı-sıvı oranı ortalama %41, konsantrindeki Cu oranı ortalama %17 olduğuna göre, boru hattıyla taşınan faydalı kütle oranı %7 olmaktadır. Başka bir deyimle, Murgul - Çakmakaya'dan elde edilen bakır, konsantr olarak ve pipeline'la değil de, izabe edildikten sonra metal olarak taşınmış olsaydı, taşınacak kütle oranı 1/14e inmiş olacaktı. Halihazırda, taşınan kütlenin %QZH boşu boşuna taşınmaktadır.

özetlenecek olursa, pipeline taşımacılığı teknik açıdan en İleri taşıma yöntemlerinden biri olmakla beraber, uygulaması bazı teknik, ekonomik ve sosyo - ekonomik öğelerle sınırlıdır. Ancak, bu sınırlamaların bilinçli bir şekilde belirlenip, uygulamanın her proje ve topluma yönelik olarak yapılması gerekmektedir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Bergbau - Hannbuch (1976) : Wirtschaftsvereinigung Bergbau, Verlag Glückauf, Essen, 280 Sahife.
- Burghardt, O. ve H.-D. Wasmund (1975) : Über die Anwendung der indirekten kationenaktiven Flotation bel der Aufbereitung von Eisenerzen. Aufber. - Techn., 16, S. 103-108.
- Cabrera, V. R. (1979) : Slurry pipelines : theory, design, and equipment. World Mining, Jan., S. 56-64 (Part 1) : World Mining, March, S. 59-65 (Part 2).
- Cissarz, A. ve Arkadaşları (1974) a) : Flusspat. Untersuchungen über Angebot und Nachfrage mineralischer Rohstoffe. IV., Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover, 151 Sahife.
- Cissarz, A (1974 b) : Zing. Untersuchungen Über Angebot und Nachfrage mineralischer Rohstoffe. V. Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover, 259 Sahife.
- Colter, A. (1979) : Pumping hydraulic slurries : wear and selection considerations. Engineering Min. X, Haz. 1979, S. 164-173.
- Doğan, M. Z. ve Arkadaşları (1979) : Hasan Çelebi Manyetit Cevherinin boru hattıyla İskenderun'a taşınması. Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 6. Kongresi, 19-23 Şubat 1979, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, S. 1/1-1/12, Ankara.
- Engineering, and Mining Journal (1979) : Slurry transportation. Haziran 1979, S. 153-163.
- Erdmann, W. (1979) ; Die Samarco - Erzpipeline. Glückauf, 115, 11, S. 544-545.
- Gltefike, G. (1979) : &ydraalisc&er Transport von Eisenerzkonzantraten und Kokskohle- Eine Alternative zum Bahntransport. Erzmetall, 32, 6, S. 285-291.
- Gödde, E. (1980): Feststoff, Pipelines - Aktivi-taeten auf dem Gebiet des hydraulischen Transportes mineralischer Rohstoffe im westlichen Europa. Aufbereit.-Techn., 21, 8,
- Grebe, W. - H. ve Arkadaşları (1975) : Chrom. Untersuchungen über Angebot und Nachfrage mineralischer Rohstoffe. Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover, 147 Sahife.
- Heide, U. (1979) : Der Pipelinebau aus der Sicht eines Tiefbauers. Erdöl-Erdgas-Zeitschrift, 95, S. 304 - 306.
- Kaestner, H. - J. (1977) : Mangan. Untersuchungen über Angebot und Nachfrage mineralischer Rohstoffe. Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover, 156 Sahife.
- Kolnsberg, A. (1979) : Stromversorgung mit kleiner Leistung für Pipeline-und andere Systeme İn entlegenen Gebieten. Erdöl-Erdgas - Zeitschrift, 95, S. 306-309.
- Kramer, G. M. (1974) : Some aspects of the definition of iron ore. Géologie en Miynbow, 53, S. 99 -108.
- Kroner, U. (1979) : Minerals in transit-The Rhine and its feeder ports. Industrial Minerals, 145, S. 21-41.
- Maddex (1972) : how changing transportation can affect mining profits.