

# *Havai But Tesisleri ve Tesisatı*

Aerial Tramways

Saim SARAÇ (\*)

## Ö Z E T

Özellikle engebeli arazilerde cevherlerin havai, hat aracılığıyla taşınması madenciler tarafından çok eskilerden beri kullanılan bir yöntemdir. Cevher taşınmasında en gelişkin havai hat sistemi, ikili halatlı havai hat sistemidir. Bu yazıda ikili halatlı havai hat sistemlerinin etemanları kısaca tanıtılmış, bu sistemlerle cevher taşınmasının tasarım esasları verilmiştir.

## ABSTRACT

Ore transportation via aerial tramways is a well-known technique by the miners.

The most advanced system of aerial tramways is that in which double rope is applied.

In this paper, the main components and design principles of double-rope aerial system are described.

(\*) Maden Yük. Müh. Araştırma Görevlisi Anadolu Üniversitesi Maden Bölümü. ESKİŞEHİR.

## 1. GİRİŞ

Havai hat sistemleri pylon adı verilen kuleler arasında gerdirilen halatlara asılı kovalar aracılığıyla taşıma yapan sistemlerdir. Çok eski bir taşıma sistemi olup, özellikle engebeli arazilerde uygulama alanı bulmuşlardır. 1920'lerde oldukça yaygın olarak kullanılan teleferikler (havai hat) diğer taşıma yöntemlerindeki, özellikle bandlı konveyörlerdeki gelişmelerle rekabet edememişler, yalnız çok engebeli arazilerde başvurulan bir sistem durumuna gelmişlerdir.

## 2. GENEL BİLGİLER

Havai hatlarla taşımanın klasik taşıma yöntemlerine göre üstünlükleri şöylece özetlenebilir.

— Havai hat tesisleri arazinin topografik yapısından en az etkilenen taşıma yöntemidir. 45° lik eğimlerde dahi uygulanabilmesi çok engebeli arazilerde sisteme üstünlük sağlamaktadır.

— Vadi, nehir ve yollar pylon aralıkları ayarlanarak geçilebilir.

— Eğim aşağı taşınan yükler eğim yukarı taşınan yükleri dengelediğinden motor güçleri ve enerji gideri düşük olmaktadır.

— İstimlak masrafları son derece azdır.

— Uygun kovalar kullanarak malzeme taşımak ve hattın boş dönüş tarafını da taşıma amacıyla kullanmak olanaklıdır.

— Taşıma iklim koşullarından etkilenmez.

Sistemin dezavantajları ise,

— Hat binaların, yolların üzerinden geçmek zorundaysa, malzeme dökülmesine karşı koruyucu ağ germek, tünel yapmak gibi ek önlemler gerekir. Bu husus yerleşim merkezlerinde havai hat ile cevher taşınmasını büyük oranda kısıtlar.

— İlk yatırım masraftan yüksektir, kapasiteleri sınırlıdır.

— Herhangi bir yerdeki arıza tüm hattı servisten alıkoyar.

Pylon'lar arasında gerdirilen halatların sayısı ve kovaları hareket ettirme düzeri sistemin tipini belirler.

Böylece havai hat tesisleri 3 guruba ayrılır.

### 1. İkili halatlı hat (bi-cable tramway)

— Sürekli hat

— Tersine dönebilir hat

### 2. İkiz halatlı hat (Twin - cable- tramway)

### 3. Tek halatlı hat (Mono - cable tramway)

İkiz halatlı sistem dolu geliş ve boş gidiş taraflarında ikişer taneden 4 taşıma halatı ve bu halatlara asılı olarak hareket eden dört tekerlekli taşıyıcılardan ibarettir. Taşıma halatlarından ikisi dolu, ikisi boş kovalara aittir. Kovalar raylar üzerinde giden ocak vagonlarına benzetilebilir. Kovalar aynı bir sonsuz çekme halatıyla çekilirler.

Tek halatlı sistemde kovalar bir sonsuz halata asılırlar. Halatın bir tarafında dolu, diğer tarafında boş kovalar aksi yönlere taşınırlar. Çekme işi de bu sonsuz halat aracılığıyla sağlanır. Halat hem taşıma, hem de çekme işini gerçekleştirdiğinden halat aşınmaları fazla olmaktadır. En basit havai hat sistemi olup kapasiteleri düşüktür.

İkili halatlı sistem biri dolu kovaları, diğeri boş kovaları taşıyan iki adet sabit taşıma kablosu ve kovaları çeken bir sonsuz çekme halatından oluşur. En gelişmiş ve madencilikte en çok uygulanan teleferiklerdir. Bu nedenle bu yazıda İkili halatlı havai hat sistemleri sözkonusu edilmektedir.

### 2.1. Taşıma ve Çekme Halattan

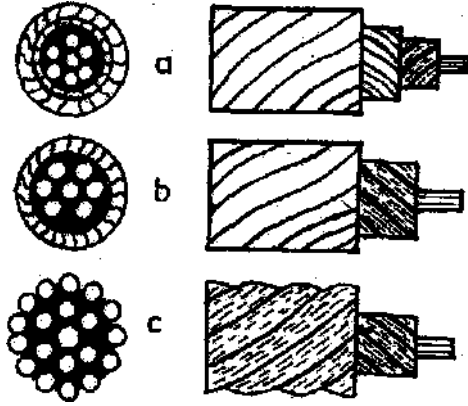
Pitonlar arasında gerdirilen biri dolu kovaları, diğeri boş kovaları taşıyan iki ayrı sabit taşıma kablosu vardır. Boş tarafın taşıma kablosu bu taraftan malzeme taşınmıyorsa daha küçük seçilir. Ha-

reket eden bütün yükleri taşıyan taşıma kabloları aşınmaya dayanıklı olmaları için özel halatlardan seçilir. Genellikle düz sargılı (smooth - Coil) ya da kilitli tip (locked - coil) halatlar kullanılır. Kilitli tip halatlarda teller 8 çizecek şekilde sarılarak birbirlerine kilitlemişlerdir. Bu yapılarından dolayı kırılan bir tel diğer teller tarafından tutulabilmektedir (Şekil 1). Aşınma tüm tellere düzenli olarak dağıtılabildiğinden en uygun halat tipidir. Uygulamada

ekonomik olarak kullanılacak halat çapının üst sınırı 5,2 cm. olarak kabul edilmektedir (2). Kilitli tip halatlar kullanılarak, havai hatlarla 2500-3000 kg.lık net yükler başarıyla taşınabilmektedir.

Düz sargılı halatlar bfr öz çevresinde bir seri yuvarlak telin sarılmasıyla oluşmuştur. Ağırlıkları daha az, maliyetleri daha düşük olmakla birlikte mukavemet değerleri kilitli tiplerden daha düşüktür, dolayısıyla daha sık değiştirilir. Birkaç tel koptuğunda kangaldan ayrılarak saf dışı kalır. Bu halatlarda tel sayısı 19-91, tel çapları ise 0,37-0,55 cm. kadar olabilir. Taşıma kablosu olarak kullanılan kilitli tip ve düz sargılı tip halatların özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir (2).

Çekme halatı yalnız çekme işini sağladığından, çekme halatı olarak normal ihraç halatları kullanılabilir. Düşük kapasiteli kovalar için 1,8 cm. çaplı.6x7 lik, büyük kapasiteli kovalar için ise 6x19 luk halatlar kullanılır. Yüksek gerilmeler için çekme halatları saban çeliği tellerden oluşurlar. Emniyet faktörü dökme çelik halatlar için 4, saban çeliği halatlar için 5 olarak alınır. Çekme halatı olarak kullanılan tek yönlü sargılı halatların teknik özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir (4).



Şekil 1. Havai hat taşıma kabloları (PEELE)

- a) Kilitli tip, 2,8 - 5,2 cm. çaplı
- b) Kilitli tip, 2,2 - 2,6 cm. çaplı
- c) Düz sargılı tip

Çizelge 1. Kilitli Tip ve Düz Sargılı Tip Halatların Özellikleri

Çap (cm)	KİLİTLİ TİP			DÜZ SARGILI TİP		
	Birim ağırlık (kg/m)	Kopma mukavemeti (kfl)	Çalışma mukavemeti (kg)	Birim ağırlık (kg/m)	Kopma mukavemeti (kg)	Çalışma mukavemeti (kg)
1,90	2,13	22700	6492	1,88	25061	5585
2,54	3,78	38136	10896	3,33	44673	9920
3,17	5,92	59020	16843	4,88	65194	14483
3,81	8,52	84445	24153	7,38	98427	21792
4,44	11,59	113500	32461	9,97	132386	29374
5,08	15,13	143464	40996	12,71	167980	37319

Çizelge 2. Tek Yönlü Sargılı Holotların Teknik Özellikler\*

Çap (cm)	Kesit alanı (cm <sup>2</sup> )	Birim ağırlık (kg/m)	Kopma gerilmesi (ton)	Çalışma gerilmesi (ton)
2,83	2,91	3,03	37	7,4
2,51	2,42	2,40	41	6,2
2,19	1,82	1,83	24	5,3
1,88	1,35	1,36	18,6	4,7
1,57	0,99	0,94	13	3,1
1,26	0,61	0,60	7,7	2,0

Çekme halatı yükleme ve boşaltma istasyonlarında makaralarla saptırılarak bir sonsuz Halat sistemi oluşturulur. Makara çapının halat çapıyla uyumlu olması önemlidir. Küçük çaplı makaralar halatta büyük eğilme kuvvetlerinin oluşmasına yol açacak, halat ömrünü önemli ölçüde azaltacaktır. Pratikte kullanılan minimum oran 30/1 dir. Cevher taşınmasında makara çapının halat çapma oranınının 72/1 ya da daha fazla olması istenir (5).

## 2.2. Kovalar ve Pitonlar

Kovalar taşıma kablosu üzerinde hareket eder tekerlekli bir küçük araba (şaryo) ya asılı olarak hareket eder. Kovalar çekme halatına bir pençe ya da mandal düzeneği ile, yükleme ve boşaltma istasyonlarında otomatik olarak bağ-

lanır ve çözülür. Ters dönerek boşalması için kova yapısında bir manivela vardır. Küçük kapasiteli kovalarda iki tekerlekli şaryolar kullanılır. Kova ağırlıklarının fazla olması durumunda ise, ağırlığı halat üzerine dağıtmak ve halat aşınmasını azaltmak için 4 tekerlekti şaryolar kullanılır (Çizelge 3). Kapasitelerine bağlı olarak boş kovaların yaklaşık ağırlıklarını vermektedir.

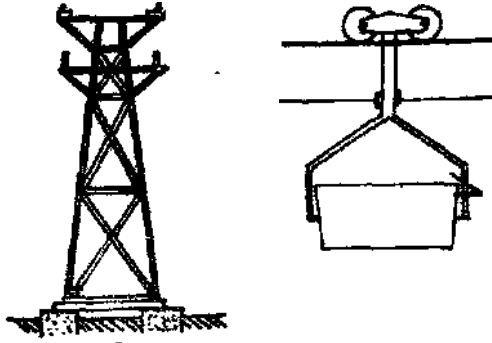
Taşıma halatlarının oturduğu kuleler hattaki tüm yükleri taşırlar. Kuleler ahşap ya da çelik konstrüksiyonlu olabilirler. Büyük kapasiteli uzun ömürlü hatlar için pitonlar çelik profillerden oluşturulup beton temeller üzerinde oturtulur. (Çizelge 4) Ayak aralıkları ve kule yüksekliklerine bağlı olarak kulelerin yaklaşık ağırlıklarını vermektedir.

Çizelge 3. Kapasitelerine Bağlı Olarak Boş Kovaların Yaklaşık Ağırlıkları.

Kova kapasitesi (m <sup>3</sup> )	0,14	0,42	0,56	0,70	0,98	1,12	1,26
Boş kova ağırlığı (kg)	143	197	254	290	351	376	398

Çizelge 4. Ayak Aralıkları ve Kule Yüksekliklerine Bağlı Olarak Kulelerin Yaklaşık Ağırlıkları

Yükseklik (m)	Ağırlık (kg)	
	(1,8 m. aralık için)	(2,4 m. aralık için)
4,5	1018	1309
6	1408	1591
7,5	1613	1772
9	1900	2131
12	2453	2739
15	2998	3571
18	—	4133
21	—	4724



Şekil 2. Pitonlar ve kovalar

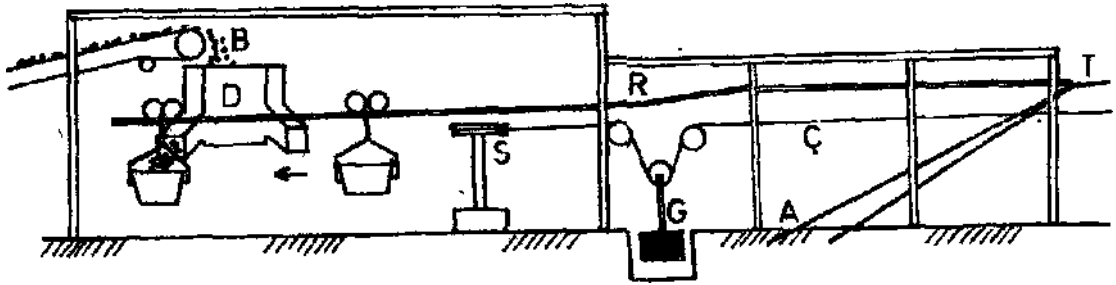
### 2.3. Yükleme ve Boşaltma İstasyonları

Yükleme ve boşaltma istasyonları (terminaller) üe ayrı görevi en uygun şekilde gerçekleştirmelidirler...

1. Taşıma kablosunu gerdirmek,
2. Çekme halatını bir uçtan bir tahrik mekanizması aracılığıyla çekmek, diğer uçta ise makara ile saptırarak bir sonsuz halat sistemi oluşturmak.

3. Kovaların taşıma kablosundan ayrıtıp ray üzerine alınarak yükleme ya da boşaltma silolarına kadar getirilmesini sağlamak ve yüklenen ya da boşaltılan kovayı tekrar halata bağlamak.

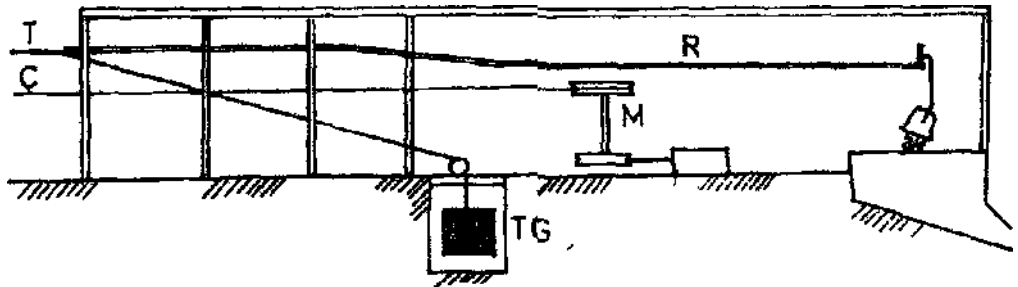
Taşıma kablosunun sarkmasını önlemek, fazla bükülerek çabuk aşınmasına engel olmak için taşıma kabloları istasyonlarda uygun düzeneklerle gerdirilirler. Gerdirme işleminde kablo bir ucundan sağlam bir zemine ankrajlanır, diğer ucundan ise bir gergi ağırlığına bağlanır. Bu şekilde gerdirilen bir taşıma kablosu hat profiline ve yağlama koşullarına bağlı olarak 1,5-2 km.den kısa ise tek bir ankrajlama sistemi ile gergin konumda tutulabilir. Bu durumda taşıma kablosu bir istasyonda **ankra'lanır, diğer istasyonda gergi ağırlığına bağlanır.** Hat uzunluğu fazla ise taşıma kablosunu gergin tutabilmek için her 1,5-2 km.de bir ara germe istasyonu oluşturulur.



B — Besleyici konveyör  
D = Döner yükleyici  
S= Saptırma makarası  
E = Ray

T = Taşıma kablosu  
C = Çekme halatı  
A = Ankrajlama  
G = Çekme halatının gerdirilmesi

Şekil 3. Yükleme istasyonu



M - Tahrik makarası

TO = Taşıma kablosunun gerdirilmesi

Şekil 4- Boşaltma İstasyonu

Çekme halatını çekmek ya da frenlemek için kullanılacak tahrik mekanizması genellikle hattın üst kottaki ucuna yerleştirilir. Ayrıca çekme halatı da uygun düzeneklerle gerdirilir.

#### 2.4. Acı İstasyon/arı ve Tepe Köprüleri

Havai hattın güzergahı yatay planda düz bir doğrultuda olmak zorundadır. Başka bir deyişle güzergah planda düz bir doğru ile temsil edilmelidir. Hattın yön değiştirmesi gerektiği durumlarda acı istasyonları denilen yapıların oluşturulması gerekir. Bu istasyonlarda taşıma kabloları sona erdirilir, çekme halatı ise yan makaralarla saptırılır.

Tepelik bölgelerde pylonları yerleştirirken taşıma kablosunda oluşacak senim acısını izin verilebilen değerlere dağıtabilmek için kısa aralıklarla bir dizi pylon yerleştirmek gerekir. Tepenin aşırı keskin olması durumunda bu bölümü pitonlarla geçmek'olanaklı olmayabilir. Böylesi yerlerde tepe köprüleri denen yapılar kullanılır. Tepe köprülerinde bir dizi pabuç yerleştirilerek kablonun sapma açısı dağıtılır (Şekil 5).



Şekil 5. Tepe köprüsü

### 3. TEKNİK ÖZELLİKLER

#### 3.1. Taşıma Uzaklığı

Ekonomik açıdan havai hat ile taşıma maliyetlerinin taşıma uzaklığından etkilenmediği söylenebilir. Maliyetlerdeki en büyük pay, yükleme ve boşaltma istasyonlarının ilk yatırımı ve buralardaki işçiliktir. Bu masraflar hat uzun, ya da kısa olsun aynı olacaktır. Bu bakımdan taşıma uzaklığının alt sınır değerinin 300 m. ol-

duğu, üst sınır olarak belli bir değerle sınırlanmadığı söylenebilir (2). Ancak çekme halatı düz arazide en çok 7 km. lik bir uzunlukta başarıyla çalışabilmektedir. Daha uzun mesafeler için sen halde bir-biri ardına dizilmiş havai hat sistemleri oluşturulur. Bu şekildeki düzenlemeyle Arfantın'de bir havai hat 8 bölge ile 38 km. uzaklığa taşıma yapabirmiştir. Bu düzenlemede 5 km. uzunluğundaki her bir bölge ayrı bir sonsuz çekme halatı sistemine sahip olmuş, herbir bölgedeki taşıma kabloları 1,8 km. de bir oluşturulan ara germe istasyonlarında gerdirilmiştir.

#### 3.2. Taşıma Kapasitesi

Taşıma kapasitesini belirleyen iki ana etken vardır. Bunlardan birisi kovalar arası uzaklık, diğeri kova hacmidir. Saatte taşınacak cevher miktarı proje verisi olarak verildiğinde problem, bu kapasiteyi taşıyabilmek için kova kapasitesinin ve kovalar arası uzaklığın uygun şekilde seçilmesi olarak ortaya çıkar. Kovalar arası uzaklık bir kovanın yüklenmesi ya da boşaltılması için gereken zaman kadardır. Sözelimi yükleme için 30 saniyelik zaman gerekiyorsa iki kova arasındaki zaman farkı 30 sn. olacaktır. Yükleme süresi, kova pençelerinin çekme halatından çözülüp, bağlanma şekline, yükleme ve boşaltma düzeneğine göre değişir. Tam otomatik yüklemede bu süre 15 saniyeye kadar düşürülmekte, dolayısıyla kapasite bu işlemlerin elle yürütüldüğü duruma göre üç katı artırılabilir.

Kovalar arası uzaklık belirli olduğundan kapasiteyi artırmak için ekonomik sınırlar içinde kalmak kaydıyla kova kapasitesini büyük almak yoluna gidilir. Kovaların taşıdığı net yüklerin alt ve üst sınırları normal havai hatlar için 250-1000 kg. olarak alınabilir. Daha düşük kapasiteli kovalar maliyetleri finanse edemezler. 1 ton'dan daha fazla yükler için ise halatlarda aşırı aşınmalar oluşacak, taşıma kablosu çapı ekonomikliği zedeleyecek kadar yüksek tutulmak zorunda kalacaktır. Her 30 saniyede bir kovada 1 ton

taşındığı kabul edilirse, saatlik taşıma kapasitesi 120 ton/saat olacaktır. Bu değer iki tekerlekli kovaların kullanılması durumunda en büyük kapasiteyi belirlemektedir. Kapasite daha yüksek tutulmak istendiğinde yüksek dirençli taşıma kabloları ve yükü halat üzerinde dağıtan 4 tekerlekli kovalar kullanılmalıdır. Böylece her bir kova ile 1900 kg. lık net yüklerin taşınması gerçekleştirilebilir,

### 3.3. Hat Hızı

Çekme halatı hızının kapasite üzerine doğrudan bir etkisi olmamakla birlikte, kovalar arası uzaklığı belirlediğinden önemli olmaktadır. Sözelimi 30 saniye zaman farkıyla sıralanan kovalar arasındaki uzaklık hızın 2 m/sn olması durumunda 60 m. olacaktır. Hız yüksek tutulduğunda kovaları istasyonlarda kontrol etmek, halatlardan ayırıp tekrar bağlamak zorlaşacak, kova tekerleklerinin taşıma kablosundan çıkması tehlikesi söz konusu olacaktır. Bu açıdan hız değerleri 1,5-3 m/sn, ivme ise 0,2 m/sn<sup>2</sup> civarında tutulur.

## 4. TASARIM ESASLARI

### 4.1. Hat Güzergahının Seçilmesi

Tasarımın ilk aşaması hat güzergahının saptanmasıdır. Güzergah seçiminde şu ölçütler gözönüne alınır.

- En kısa hat boyu
- Eğim 45° yi geçmemeli, yatay planda ise düz bir doğru şeklinde olmalıdır. Olanaklar ölçüsünde açılı istasyonu, tepe köprüsü gibi ek yapılara gerek kalmamalıdır.
- Ara istasyonlar yollara yakın olmalı, bakım, kontrol ve enerji temini kolay olacak şekilde yerleştirilmelidir.
- Hat olabildiğince bina ve yolların üstünden geçmemelidir.

### 4.2. Halat Formülleri

Pilonlardaki pabuçlar üzerine oturan ve kovaları taşıyan taşıma kabloları, taşıdıkları yüke, pylonlar arası uzaklığa, hat eğimine, kullanılan kablo özelliklerine bağlı olarak belli bir sarkma (sarkma) oluşturacaklardır. Kova altı ile yeryüzü arasında 4 metrelik bir serbest açıklık olmalıdır. Diğer yandan kablo aşınmasını azaltmak, kova tekerleklerinin taşıma kablosundan çıkmasını önlemek için komşu boş kablo eğrilerinin bir kule üzerinde oluşturdukları sapma açısı 2°52'yi aşmamalıdır (2).

Tasarımda pilonlar arası uzaklıklar ve pilon yükseklikleri izin verilebilen sarkma (sarkma) miktarları ve sapma açısı hesaplanarak saptanır. Bu amaç için değişik kaynaklarda çeşitli halat formülleri verilmektedir. Uygulamadaki ön tasarım çalışmalarında ise, uygulamaları gerçeğe oldukça yakın sonuçlar veren basitleştirilmiş halat formülleri kullanılmaktadır. Taşıma kablosuna eşdeğer ağırlıklı kovalar, eşdeğer aralıklarla asıldıklarından, bu ağırlıkların etkisi bir  $w_2$  yayılı yükü gibi yorumlanabilir. Bu durumda taşıma ve çekme halatlarının  $w_1$  birim ağırlıkları ve yayılı yükün  $w_2$  birim ağırlığından dolayı iki pilon arasının merkezinde oluşacak sarkma (sarkma) miktarı

$$h = \frac{w_1 + w_2}{2 \cdot \cos \alpha} \cdot \frac{s^2}{2} \quad (1)$$

olarak formüle edilebilir.

Burada,

s : Pylonlar arası yatay uzaklık (m)

t : Merkezde kablo gerilmesi (kg)

$w_s$  : Yayılı yükün birim ağırlığı (kg/m)

$w_1$  : Çekme halatının birim ağırlığı + Taşıma kablosunun birim ağırlığı (kg/m).

$\alpha$  : Hat eğimi

Boş kablunun merkezde oluşturacağı senim,

$$h_i \wedge W_i = \frac{s^3}{8t \cdot \text{Cos} \alpha} \quad (2)$$

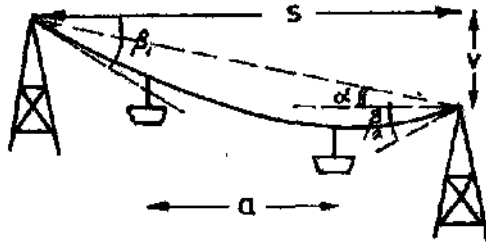
Pilon tepelerinden eğriye çizilen teğetlerin eğimi,

$$\tan \theta = \frac{s}{3t} \quad (3)$$

İki püon arasında sarkan toplam halat uzunluğu ise,

$$L = s + \frac{8 \cdot (h \cdot \text{Cos} \alpha)^3}{3 \cdot s} \quad (4)$$

formüllerinden büyük bir yaklaşıklıkla hesaplanabilir.



Şekil 6

#### 4.3. Pilonların Yerleştirilmesi

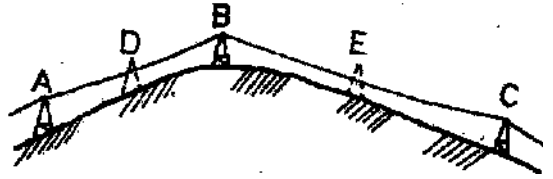
Düz arazilerde pilon yerlerinin saptanmasında izin verilen sarkma değerinin, pilonlar arası uzaklığın % 5 inden fazla olmaması dikkate alınır. Başka bir deyişle

$\frac{h}{s} \cdot 100 \wedge 5$  (%) olması için pilonlar arası uzaklık,

$$s = \frac{8t \cdot \text{Cos} \alpha \cdot 0,05}{W_1 + W_2} \quad (5)$$

42

Düz olmayan arazilerde püon yerlerini saptamak bir ölçüde güçtür, Tepelik kısımlarda taşıma kablosunun kule pabuçları üzerinde yaptığı sapma açısı aşırı olmamalıdır. Sabit pabuçlar kullanılması durumunda komşu iki boş kablo eğrisine kule tepelerinden çizilen teğetler arasındaki sapma açısı  $2,85^\circ$  yi aşmamalıdır. -Başka bir deyişte, bu İki teğet arasındaki sapma % 5'İ aşamaz. Sözelimi şekildeki gibi tepelik bir bölgede B kulesi üzerindeki sapma açısı  $8^\circ$  olsun. Bu durumda  $8\sqrt{2,85} = 3$  olduğundan, A ile C arasına 3 kulenin yerleştirilmesi gerekecektir. Bu durumda senim açısı D, B ve E püonları üzerinde dağıtılacaktır.



Şeddi 7

Tepelik bir bölgede bir seri kulenin kısa aralıklarla yerleştirilmesinin sakıncalı olduğu durumlarda tepe köprüleri denilen yapılar oluşturulur. Su köprülerinde, bir seri pabuç yerleştirilerek sehim açısı dağıtılır. Tepenin çok keskin olması durumunda ise tepe köprülerine benzer yapıdaki ray köprüleri inşa edilir. Ray köprülerinde, bir seri pabuç yerine bir ray sistemi vardır. Taşıma kablosundan ayrılan kovalar tepe boyunca bu ray üzerinde taşındıktan sonra tekrar taşıma kablosunun üzerine geçerler. Yüksek kapasiteli hatlarda tepelik kısımlarda sabit pabuçlar yerine beşik gibi salınabilen «salınlı pabuçlar» (rocking saddles) kullanılarak, İzin verilebilen sapma açısı  $8^\circ$  ye ya  $<ia$  % 14'e kadar artırılabilir. Sapma açısı  $8^\circ$  yi aşıyorsa, peşpeşe iki kule yerleştirip bu kulelerde salınlı tip pabuç kullanarak sapma açısı  $16^\circ$  ye çıkartılabilir.



#### 4.4. Kova Kapasitesinin Belirlenmesi

2 tekerlekli kovalarla en çok 1 tonluk, 4 tekerlekli kovalarla ise en çok 1.9 tonluk net yüklerin ekonomik olarak taşınabileceği kabul edilmektedir. Kova kapasitesi.

$$C = \frac{Q \cdot d}{3.6 V} \quad \dots\dots\dots (6)$$

ifadesi ile belirlenir.

Burada

- Q; Hat kapasitesi (ton/saat)
- C : Kova kapasitesi (kg)
- d : İkf kova arası uzaklık {m}

#### V: Kova hızı (m/sn)

İki kova arası uzaklık ise, kovalar arasındaki zaman farkına ve hat hızına bağlı olarak.

$$d = M \cdot V \quad \dots\dots\dots (7)$$

kadar olacaktır.

Burada

- M : Kovalar arası zaman farkı (sn)
- V : Hat hızı (m/sn)

#### 4.5. Gerekli Kova Sayısı

Dolu ve boş taraflarındaki toplam kova adedi,

#### Hat uzunluğu (m)

$$n = 2 \frac{\text{iki kova arası uzaklık (m.)}}{\text{iki kova arası uzaklık (m.)}} + 1 \quad (8)$$

iki pylon arası uzaklık

$$n' = \frac{\text{iki pylon arası uzaklık}}{\text{iki kova arası uzaklık}} + 1 \quad \dots\dots (9)$$

#### 4.6. Taşıma Kablosu Seçimi

Sistem için uygun kablo seçimi havai hat mühendisliğinde en önemli problemlerden birisidir. Halatın yapacağı sehlmin ve kabloda oluşacak aşınmaların aşırı olmaması için seçilen kova ağırlığı ile uyumlu bir taşıma kablosu seçmek esas alınır. Aşırı aşınmalara yolaçmadan taşınabilecek yük değeri  $W/t = 0.035$  oranı ile belirlidir.

$$W = \text{Net yük} + \text{Kova ağırlığı} + \text{iki kova arasında kalan çekme halatının ağırlığı}$$

t : Kablodaki gerilme (kg)

Bu oran aşılsa daha büyük çaplı ve daha dirençli tellerden oluşan kablolar kullanılarak gerilme değeri artırılır ya da 4 tekerlekli kovalar kullanılarak yükün kablo üzerinde dağıtılması sağlanır. Bu durumda taşınabilecek yükün üst sınırı  $W/t = 0,07$  oranı ile belirlenecektir. Deneyimlerden çıkarılan sonuçlara göre kilitli tip kablolar için öngörülen en fazla yük değerleri Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Kilitli Tip Kablolar İçin Öngörülen En FazlaYük Değerleri

Çap (cm.)	Birfirn ağırlık (fcfl/m)	Kesit alanı (cm <sup>2</sup> )	En fazla yük (kg)
2,20	2,72	3,22	408,6
2,54	3,78	4,52	567,5
3,17	6,05	7,10	908,0
3,81	8,32	9,99	1248,5
4,45	11,05	13,23	1657,1
5,08	14,23	16,77	2133,8

Taşıma kablosunun seçimi mutlaka laboratuvar çalışmalarına dayandırılmayı, seçilen kablounun özellikleri laboratuvar deneyleriyle saptanmalıdır.

#### 4.7. Çekme Halatındaki Gerilme

Yükleri belirli bir eğimle çeken çekme halatının dolu ve boş yanlarında oluşan gerilmeler, sürtünme değerini de hesaba katarak;

$$V_b - IAU \cdot V T f \cdot W_y^* \cdot H < 10 \quad (10)$$

ile hesaplanabilir. Kovalar yukarı taşınıyorsa (-h) alınır.

$t_{,b}$  : Yüklü ve boş yanlardaki çekme halatında oluşacak gerilmeler (kg)

$f^1$  : Sürtünme katsayısı (bilyalı ve makaralı yataklar için 0,01, kaymalı yataklar için 0,02 alınır.)

$W_y$  = Yüklü tarafın birim ağırlığı

$$g + e + r \text{ (kg/m)} \dots \dots \dots (11)$$

$W_b$  = Boş tarafın birim ağırlığı

$$= \frac{e}{d} + r \text{ (kg/m)} \dots \dots \dots (12)$$

g.: Taşınacak yükün ağırlığı (kg)

e : Boş kovanın ağırlığı (kg)

d : Kovalar arası Uzaklık (m)

r : Çekme halatının birim ağırlığı (kg/m)

#### 4.8. Çekme Halatı Seçimi

Çekme halatının sarıldığı tahrik makarasında kaymayı önleyebilecek uygun sürtünmeyi sağlayabilmek için, gevşek taraftaki gerilme ile gergin taraftaki gerilme arasında belli bir ilişki sağlanmalıdır. Bu ilişki

$$T = S \cdot e^{f \cdot n \cdot r} \quad (13)$$

olarak formüle edilir.

Burada

T : Gergin kısımdaki gerilme (kg)

S - . Gevşek kısımdaki gerilme (kg)

n : Makara üzerindeki yarım tur sayısı

f : Sürtünme katsayısı (Çizelge 6'dan)

Çeneli makaralar kullanılıyorsa sürtünme, çenelerin manivela kolları oranına bağlıdır. 1/3 lük oran için  $e^{f \cdot n \cdot r}$  : 2528, 1/3,5 lik oran için  $e^{f \cdot n \cdot r}$  : 2,5 alınır. Çekme halatını çekmek için makara tarafından sağlanan T - S sürtünme değeri (13) eşitliğinin her iki tarafından S çıkarılırsa

$T - S = S \cdot (e^{f \cdot n \cdot r} - 1) \dots \dots \dots$  kadar olacaktır. Hareketin sağlanabilmesi için bu değer  $t_y - \%$  ye eşit olmalıdır. T - S yerine  $t_y - t^*$  yazılarak S çekildiğinde bulunan S değeri, boş tarafındaki gerilmeden büyük ise, çekme halatına bu farkın iki katı kadar germe kuvveti uygulanmalıdır. Germe kuvveti,

Çizelge 6, Tahrik Makarasındaki f Sürtünme Katsayısı (2)

Yüzey durumu	Demir - Demir	Demir - Tahta	Lastik-Kösele
<b>Kuru</b>	0,170	0,235	<b>0.495</b>
Yaş	0,085	0,170	<b>0,400</b>
<b>Greslenmiş</b>	0,070	0,140	<b>0,295</b>

$$S < t_b \text{ ise } t_g = 2(S - t_b) \dots\dots\dots (15)$$

$$S < t_b \text{ ise } t_g = S - t_b \dots\dots\dots (16)$$

$$S < t_b \text{ ise } t_g = S - t_b \dots\dots\dots (15)$$

$$S < t_h \text{ ise } t_b = S - t_b \dots\dots\dots (16)$$

kadar olur. Bu durumda çekme halatında oluşacak toplam gerilme. (10) eşitliğiyle bulunan dolu taraftaki gerilmeye germe kuvvetinin eklenmesiyle bulunur. Toplam gerilme için emniyet katsayısı 4 alınarak uygun bir çekme halatı seçilir. Çekme halatının seçiminde ilk aşamada dolu ve boş taraflardaki gerilmeleri hesaplarken (11) ve (12) eşitliklerinde çekme halatının birim ağırlığını da kullanmak gerekmektedir. Çekme halatı çapı bu aşamada henüz belli olmadığından ön kabul olarak, uygulamada çekme halatı olarak en çok kullanılan 6 x 19'luk, 23 mm. çaplı yuvarlak halatların birim ağırlığı kullanılarak işlem yapılır. Hesaplamalar sonunda seçilen halatın birim ağırlığı (r) yerine koyularak aynı işlemler tekrar yapılır. İterasyona bu şekilde kabul edilen çap ile hesaplama sonunda bulunan çap değeri aynı olana kadar devam edilir.

4.9. Motor Gücü Secimi  
T - S ya da ty - 1 , değeri çekme halatını çekmek için gerekli kuvvettir. Bu durumda gerekli tahrik gücü,

$$N_t = \frac{(T - S) \cdot V}{75} \text{ (HP)} \dots\dots\dots (17)$$

Motor gücü ise;

$$N_w = \frac{N_t}{il} + 2 \dots\dots\dots (18)$$

V : Halat hızı (m/sn)

il : Randıman (0,80 - 0,90)

#### KAYNAKLAR

- 1- SARAÇ S., Kozlu - Zonguldak Arası Kömür Naklinin Havai Hatla Yapılması, MMLS Tezi, tT.Ü. 1982.
2. PEKLE, R, Aerial Tramways and Cableways - «Mining Engineers Handbook» Section 26.
5. ONUR ç., ÜLGÜDÜR S., Zonguldak Lavvan Artıklarının Havai Hatla Kofeaksu Vadisine Taşınması Projesi - EJCİ., 1979.
4. CARSTARPHEN, F., Aerial Tramways - American Society of Civil Engineers İ675, 1927.
- 5 KILL J.D., Aerial Ropeways - cCollİery Engineering» January, 1963.
6. HUDSON W., Aerial Tramways cConveyors And Related Equipment» Chapter 11.