

# *uzunayaklarda Yürüyen Tahkimat Sistemlerinin Gelişmesi ve Dizayn Karakteristikleri*

Development and Design Characteristics of Powered Roof Support Systems in Longwall

Tuğyan AHISKA (\*)  
Hicabi ESEN (\*\*)

## ÖZET

**Bu makalede, uzunayaklarda kullanılan yürüyen tahkimat modellerinin gelişmesi, değişik tahkimat örnekleri verilerek anlatılmış; önemli dizayn özelliklerinin üzerinde durulmuş ve tahkimat seçiminde dikkat edilmesi gereken konular açıklanmıştır.**

## ABSTRACT

This paper presents the development of Powered Roof Supports by giving examples of various models. Their important design characteristics have also been described and attention has been focused on typical design parameters for given mine conditions.

(\*) Maden Yüksek Mühendisi, GLİ İstihsal Baş Mühendisi, Tavşanlı  
(\*\*) Maden Yüksek Mühendisi, GLİ Etüd-Proje Baş Mühendisi, Tavşanlı

## 1. GİRİŞ

Yeraltı Kömür İşletmeciliğinde üretim ve randıman artışı büyük ölçüde ayak ilerleme hızlarının artırılması ile mümkün olabilmektedir. Uzunayaklarda hem ilerleme hızının yükseltilebilmesi, hem de daha emniyetli ve verimli çalışma ortamının sağlanabilmesi amacıyla ilk kez 1950'li yıllarda yürüyen tahkimat dizaynları geliştirilmeye başlanmış; 30 yıllık bir süreç içerisinde de bu konuda oldukça büyük aşamalar kaydedilmiştir.

Ülkemiz yeraltı madenciliğinde mekanizasyonun önemi de özellikle son yıllarda kendini hissettirmeye başlamış ve ilk kez GLİ Tunçbilek Bölgesi'nde 30 m.lik bir mekanize ayak sistemi 1983 yılında denemeye başlanmıştır. Alanındaki ilk modellerden olan çerçeve tipi tahkimatların kullanıldığı bu mekanize ayak sistemi arkadan kömür göçertme (sub-level caving) yöntemine göre dizayn edilmiş olup, dünyadaki uygulamaları sayıca çok azdır. Oldukça modası geçmiş tahkimatlardan oluşan bu mekanize ayak, sistemin dizayn özelliği nedeniyle diğer ülkelerde (Fransa ve Yugoslavya) olduğu gibi Tunçbilek'te de başarılı olamamıştır.

Yakında tüm montaj çalışmalarının tamamlanarak üretim faaliyetlerine başlaması beklenen O.A.L Müessesesi yeraltı ocağı mekanize ayaklarında ise modern şild tipi tahkimatlar kullanılmış; tüm üretim ve nakliye birimleri de yine tam mekanize ekipmanlarla donatılmıştır.

Dileğimiz, O.A.L Müessesesi'ndeki uygulamanın başarıya ulaşması ve ülkemizdeki diğer kamu ve özel yeraltı işletmelerinin de yürüyen tahkimatla mekanizasyona geçmeleri için örnek teşkil etmesidir.

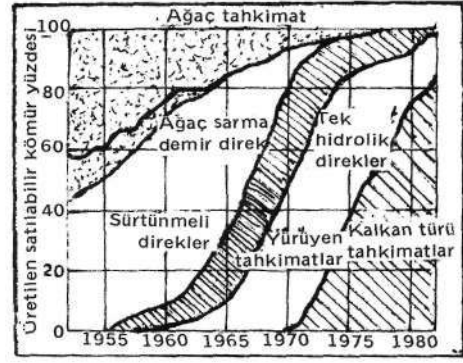
Konunun güncelliği ve konuyla ilgili Türkçe kaynak azlığı nedeniyle az bilinen noktalara ışık tutmak amacıyla derlenmiş olan bu yazıda yürüyen tahkimatların dizaynı ve seçimi sırasında dikkat edilmesi gereken noktalar ile değişik dizayn ve kullanım özellikleri hakkında bilgiler verilmektedir.

## 2. UZUNAYAKLARDA KULLANILAN YÜRÜYEN TAHKİMATLARIN GENEL İŞLEVLERİ

Yürüyen uzunayak tahkimatlarının, ayak içerisinde tavanı destekleyerek tüm ayak içi ve ayna sahasını çalışabilecek güvenlikte tutmak, ayak içerisinde çalışanların üzerine tavandan taş yada kömür parçalarının düşmesini önlemek ve son olarak da

ayaktaki nakliye ünitelerini öteleyebilmek için bir dayanak oluşturmak gibi işlevleri olmalıdır.

Uzunayaklarda kullanılan tahkimatlar, ağaç direklerden sürtünmeli çelik direklerle, tek direkler ile birlikte kullanılan çelik sarmalara; çerçeve türü yürüyen tahkimatlardan (frame-type hydrolic supports), hidrolik domuzdamlarına (hydrolic chocks); ve en son olarak da kalkan türü blok tahkimatlara (shield supports) kadar hızlı bir gelişmeyi 30 yıllık bir süreç içerisinde kaydetmiştir. Şekil Vde 1955-1980 yılları arasında, Batı Almanya'da üretilen satılabilir kömür yüzdesine göre bu üretimin sağlandığı ayaklardaki tahkimat cinsleri grafik halinde verilmektedir.



Şekil 1. Satılabilir kömür üretimine bağlı olarak uzunayak tahkimatlarının gelişmesi (1952-1982).

## 3. AYAK TAHKİMATLARI ÜZERİNE GELEN YÜKLER

Yeraltında yapılan madencilik çalışmaları arazi- nin orijinal basınç dengesini bozar. Bu basınç potansiyeli, açılan boşlukların alt ve üst katmanlarında, orijinal durumundan farklı yeni basınç zonları oluşturacak şekilde tekrar dağılır. Yeryüzünden herhangi derinlikteki bir nokta üzerindeki orijinal basınç, üzerindeki örtü tabakasının ağırlığını ifade eden:

$$p = g \cdot q \cdot d$$

formülü ile hesap edilir. Burada;

- p gravitasyonel basınç,
- g yerçekimi ivmesi,
- q yoğunluk,
- d derinlik'tir.

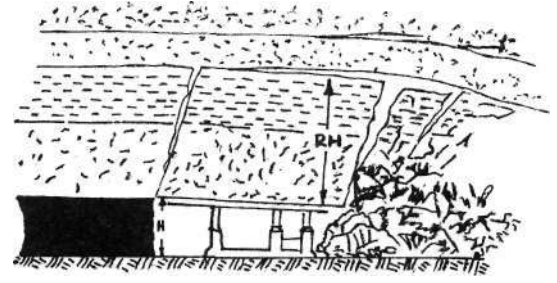
Çevre katmanlarda oluşan bu değişik basınçlar sonucu katmanların ne şekilde hareket edeceğini

açıklamaya çalışan çeşitli kuramlar vardır. Bunlardan başlıcaları, uzunayaklar etrafında oluşan basınçlarla ilgili olanlar: Basınç Kemerli Kuramı, Basınç Elipsoidi Kuramı, Kiriş Kuramı ve Zemin Mekaniği Kuramı'dır.

Basınç zonlarının oluşma ilkesi ve basınçların ölçülebilen özelliklerine farklı yaklaşımlar getiren bu kuramların hepsinin birleştikleri nokta; uzunayaklar üzerinde basınçtan arınmış bir ferahlamış zon bulunduğudur. İşte, bu ferahlamış zonu varlığı, ayak tahkimatlarının ancak belli bir yükü kabul edebilecek kapasitede dizayn edilmesini mümkün kılar. Başka bir deyişle ayak tahkimatları, üzerlerindeki katmanların tüm yükünü değil, ancak tavan formasyonu içerisinde belli bir hat boyunca kırılmış olan tabakaların yükünü yani, yalancı tavanı taşır. Uzun ayaklar üzerinde kırılmış olan bu zonu kalınlığı doğal olarak birçok etmene göre değişebilir. Bu etmenler; çalışma derinliği, damar kalınlığı, tahkimatların hemen üzerindeki formasyonun sağlamlığı yada kırılabilirliği, jeolojik anomaliler ve tektonizma (faylar, yarıklar, çatlaklar, süreksizlikler, vb.), işletme yöntemi (ayak uzunluğu, genişliği, rambelili çalışılıp çalışılmadığı, vb), yakın çevrede eski üretim yerlerinin bulunup bulunmayışı vb. olarak sıralanabilir. Uzunayaklar üzerinde kırılan bu zonu kalınlığı normal koşullarda geleneksel bir kabul ile kesilen damar kalınlığının iki katıdır (Şekil 2). Böylece tahkimatların en az taşıma kapasitesi şu basit formülle hesaplanabilir:

$$\begin{aligned} \text{Tahkimat üzerine gelen yük} &= 2H (9.8 \times 2.3 \times 10^{-3}) \text{ MN/m}^2 \\ &= 0.04H \text{ MN/m}^2 \end{aligned}$$

Tahkimatlar tarafından taşınan kırılmış zonu tahkimatların hemen arkasında düzenli olarak gö-



Şekil 2. Uzunayak tahkimatları üzerine gelen yük.

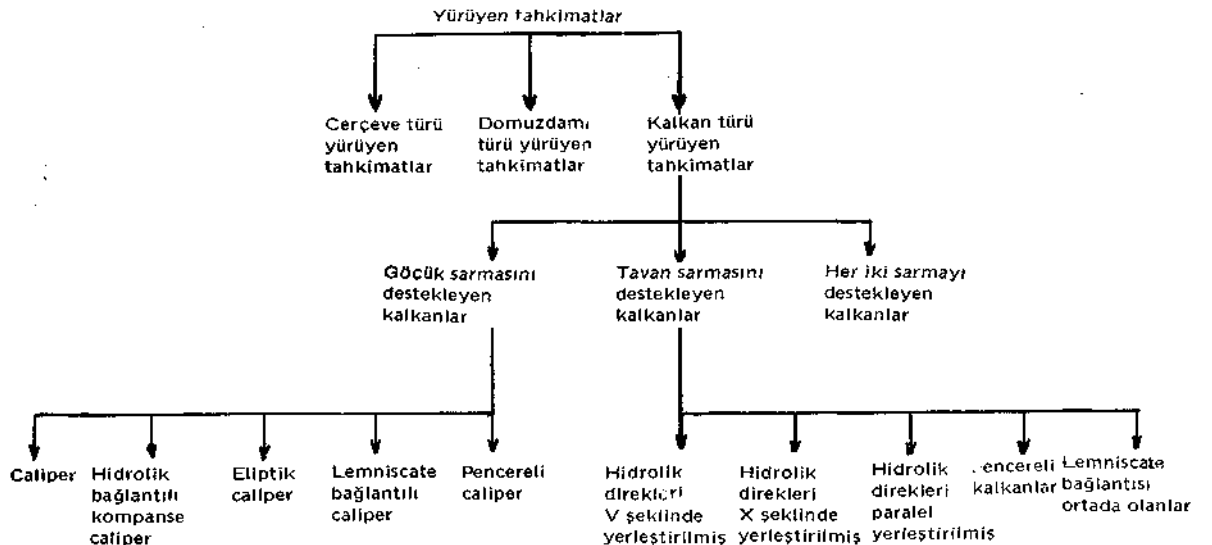
çeceğini ve açılan boşluğu kabarma nedeni ile rahatlıkla doldurabileceğini, böylece üst katmanlar için tam bir arka dayanak oluşturabileceğini düşünmek yanlış olur. Dünyadaki çeşitli maden bölgelerinde, üzerinde masif tavan katmanları bulunan birçok uzunayak için gereken tahkimat dayanımının bu varsayıma dayanarak hesap edilemeyeceği artık deneyimlerle ortaya çıkmış bir gerçektir.

Uzunayak etrafında oluşacak tavan basıncı, dolayısıyla tahkimatların taşımak zorunda kalacakları yükler yukarıda saydığımız etmenlere bağlı olarak her ocak için ayrı ve hassas bir şekilde hesaplanmalı, tahkimat dizaynı ona göre yapılmalıdır.

#### 4. UZUNAYAK YÜRÜYEN TAHKİMATLARININ GELİŞMESİNE GENEL BİR BAKIŞ

1950'li yılların sonlarına doğru geliştirilmeye başlayan yürüyen tahkimatlar gelişme sıralarına göre başlıca şu üç ana grupta toplanabilir (Şekil 3):

1) Çerçeve türü yürüyen tahkimatlar (Frame-type hydrolic supports)

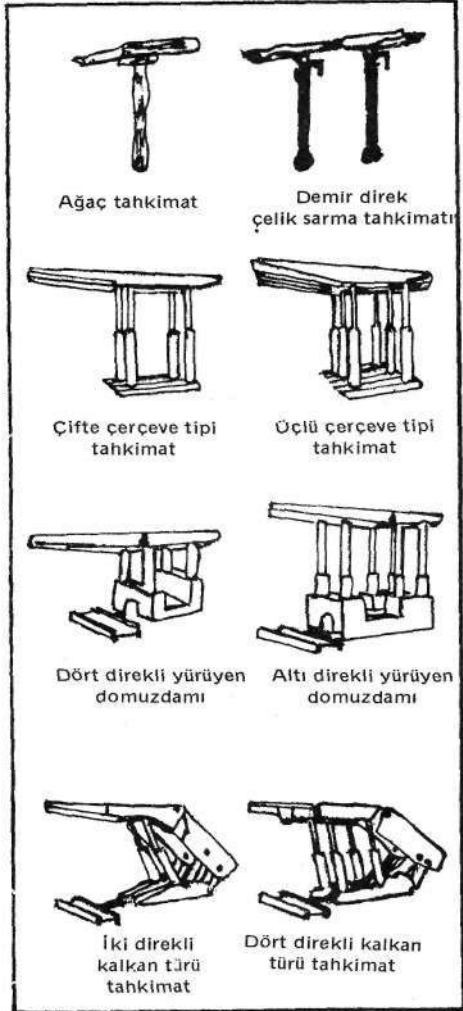


Şekil 3. Yürüyen tahkimat türlerinin sınıflandırılması.

- 2) Domuzdami türü yürüyen tahkimatlar (Chock supports)
- 3) Kalkan türü yürüyen tahkimatlar (Shield supports)

Şekil 4'te uzunayaklarda kullanılan tahkimat türleri gelişme sırasına göre gösterilmiştir. Bu alanda ilk geliştirilen çerçeve tipi yürüyen tahkimatlar da, arına dik tek sarma ve bunu dik konumda destekleyen iki yada üç hidrolik direk ile bir taban şasesi mevcuttur. Bu elemanlardan oluşan bloklara ek olarak çeşitli aralıklarla tahkimat yürütme ve ayna konveyörü itme düzenleri bulunmaktadır. Dizayn özelliklerinden dolayı çerçeve türü tahkimatlarla donatılmış bir ayakta, toplam tavan alanının yaklaşık yarısı desteksiz kalmaktadır.

Uygulamalarda görülen aksaklıklar üzerine evrimleşme, domuzdami türü yürüyen tahkimatlara doğru olmuştur. Bu tür tahkimatlarda daha geniş yüzeyli ve genellikle tek bir sarma altına dikey ola-



ŞekÜ 4. Uzunayak tahkimat türleri.

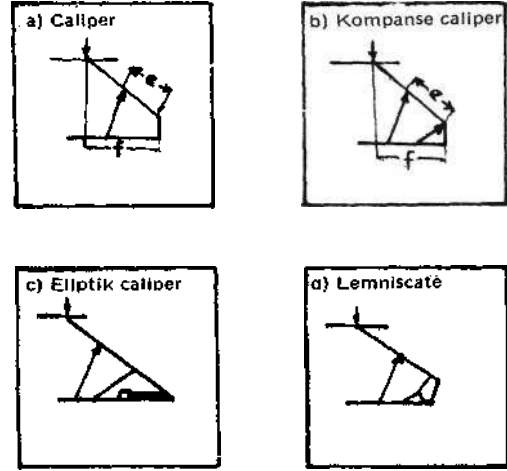
rak yerleştirilen 4 yada 6 adet hidrolik direk ve bunların tabanında gene tüm bir şase bulunur. Tahkimatın yürütme pistonları ile ayna konveyör itme pistonları bu şaseler üzerine monte edilmiştir.

Genellikle düşey basınçlara karşı iyi bir destek sağlayan bu yürüyen tahkimat modelleri, yanal basınçlara karşı zayıf direnç özellikleri göstermektedirler. Gerek tahkimatı dengeleyici unsurlar eklemek ve gerekse direkleri sarmalara eğimli bir şekilde yerleştirmek suretiyle yanal basınçlara karşı direnci artırmak düşüncesi sonucu kalkan (shield) türü tahkimatlar geliştirilmiştir.

Bu tür tahkimatlarda direkler sarmalara ve taban şasesine mafsallı olarak bağlanır. Direklerin destekledikleri sarmalara göre kalkan türü tahkimatları üç grupta toplayabiliriz:

#### 1. Göçük Sarmasını Destekleyen Kalkanlar

Bu türün ilk modelleri olup tavan sarması, göçük sarmasına bir mille bağlantılıdır. Göçük sarmasının taban şasesine bağlantısı ise şasenin arka ucunda mafsallı olacak şekilde dizayn edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Direklerin göçük sarması altına yerleştirildiği kalkan türü tahkimat.

Göçük sarmasını destekleyen kalkanlar için genel olarak şunlar söylenebilir:

Çok sağlam tavan koşullarında iyi bir tahkimat özellikleri gösterirler. Çünkü, zayıf tavan koşullarında kırılma hattı tavan-göçük sarması bağlantısının ön tarafında oluşur ki bu da desteksiz olan tavan sarmasının, dolayısıyla tahkimatın yük taşıma fonksiyonunu yok eder. Tahkimatı yükseltme esnasında tavan sarmasının yaptığı dairesel hareket nedeniyle, tahkimatın yük altındaki konverjansı sı-

rasında tavan sarması ve taban şasesi arasında da buna uygun bir oynama olur. Böylece konverjans durumunda ya tavan sarması, ya da taban şasesi ileriye yada geriye doğru kayar. Bu hareket bir noktada dengelenebilir ve bu durumda da aşırı yüklerdeki tavan basıncı sarmaların bağlantıları üzerine gelerek pimleri kırabilir (Şekil 5a).

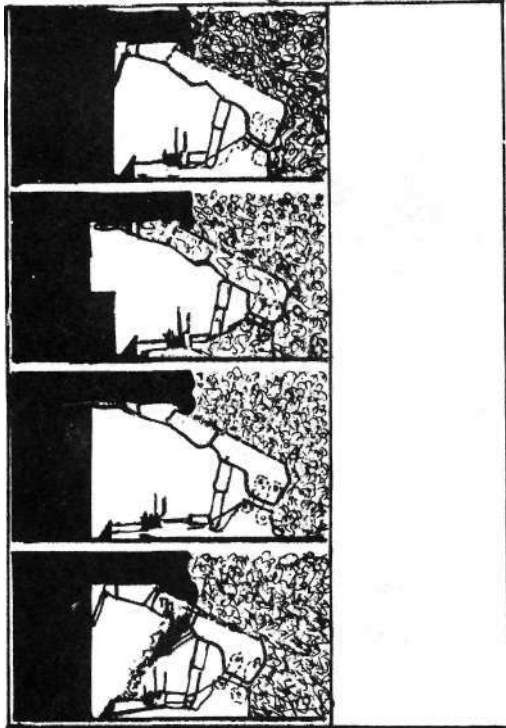
Bu sakıncaların giderilmesi için kalkanların dizaynları geliştirilirken şu iki noktaya önem verilmiştir:

a) Belli noktalar üzerine gelen gerilimi sınırlamak (hidrolik silindir bağlantılı kompanse kalipir şild buna cevap vermektedir) (Şekil 5b).

b) Tavan sarması-göçük sarması bağlantı noktasını kırılma hattına daha yaklaştırmak (eliptik kalipir şild ve lemniskatik şild dizaynlarında bu yaklaşım sağlanmıştır) (Şekil 5c ve d).

Caliper türü kalkanlarda direklerin toplam taşıma kapasitesinin en çok % 75'inden yararlanılırken lemniscate türü kalkanlarda bu değer %85'e varmaktadır.

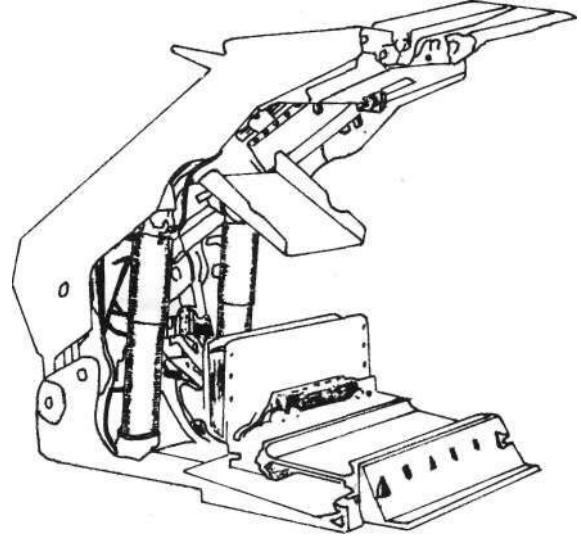
Caliper türü kalkanlarda göçük sarmalarının yüksek bükülme kuvvetlerine maruz kalmaları söz konusu olduğundan kalın saclardan yapılmalı,



Şekil 6. Taban ayak tavan göçerime sistemi.

dolayısıyla çok ağır üniteler olmaları söz konusudur. Bu dezavantajlarının yanısıra tavan sarmalarının çok kısa oluşları, yani tahkim edilen tavan açıklığının dar oluşu ayrı bir sakınca oluşturur.

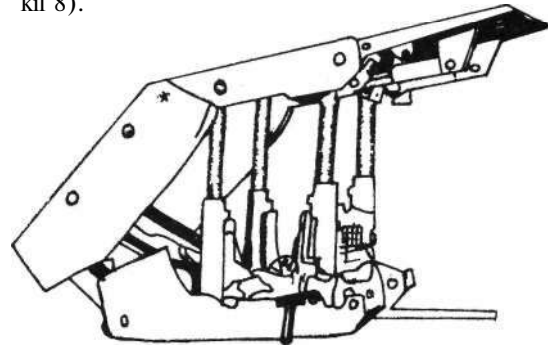
Kalın damarlarda, kömürün tavadan aktılması için göçük sarması destekli kalkanlarda göçük sarması üzerine açılır-kapanır bir pencere dizayn edilmiş, böylece pencereli caliper kalkanlar ortaya çıkmıştır. Bu dizaynı gerçekleştiren Hemscheidt firmasının 320-20/30 modeli tahkimat ünitelerinden oluşan bir ayak halen Yugoslavya'da Rambas ocağında başarı ile çalıştırılmaktadır (Şekil 6 ve 7).



Şekil 7. Göçük sarması üzerinden açılan pencere ile tavadan kömür aktırmaya uygun kalkan türü tahkimat (Hemscheidt 320/20-30 Modeli).

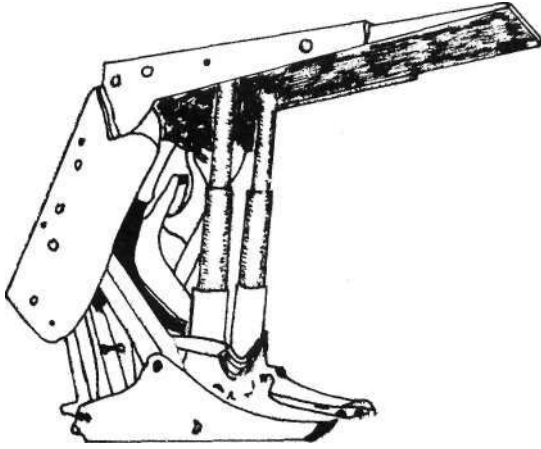
## 2. Tavan Sarmasını Destekleyen Kalkanlar

Bu tür tahkimatlar ilk olarak 1972 yılında Westfalia Lünen firması tarafından geliştirilmiştir. Lemniscate bağlantılı ve 4 direkten oluşan bu ilk modellerde direkler birbirine paralel ve tavan sarmasına oldukça dik olarak yerleştirilmişlerdir (Şekil 8).

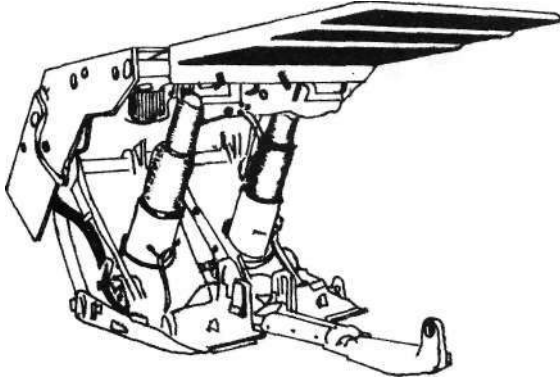


Şekil 8. Direkleri dik konumda yerleştirilmiş lemniscate bağlantılı kalkan türü tahkimat.

Daha sonra, uygun tavan koşullarında kullanılmak üzere iki direkli ve dike yakın konumlu kalkanlar da imal edilmiştir (Şekil 9 ve 10).

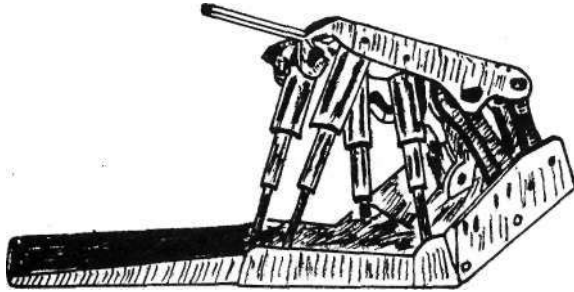


Şekil 9. Dike yakın yerleştirilmiş iki direkten oluşan kalkan türü tahkimat.



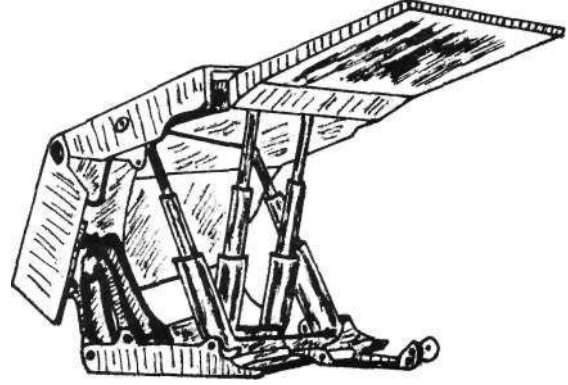
Şekil 10. İki direkli ve direkleri dike yakın konumlu kalkan türü tahkimat.

Direklerin tavan sarması altına "V" şeklinde yerleştirilmesi ile elde edilen tahkimatlar, hem insan geçişi, hem de hava geçişi için oldukça büyük açıklıklar sağlarlar. Özellikle metan yayılımının yüksek olduğu ocaklarda, havadaki metan oranının düşürülmesi için daha fazla havalandırmaya gereksinim duyulduğundan bu tür dizaynlar son derece elverişli olmaktadır (Şekil 11).



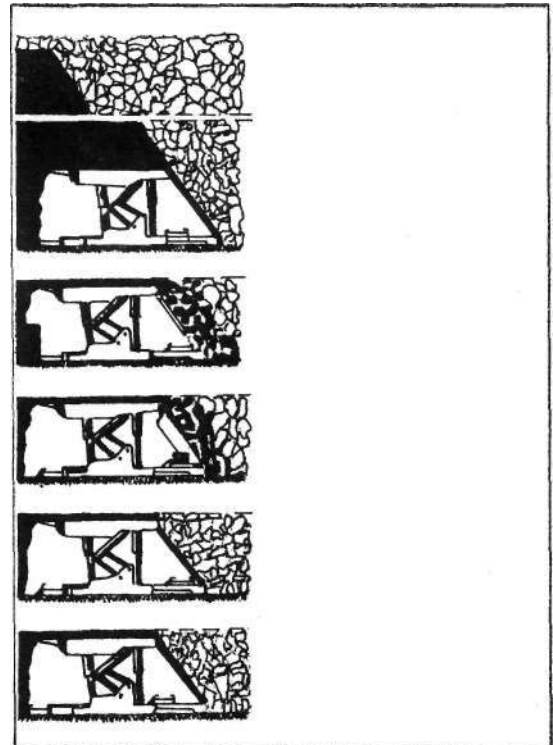
Şekil 11. Direkleri "V" biçiminde yerleştirilmiş dört direkli kalkan türü tahkimat.

Hava geçiş yolu, dolayısıyla ayak içinde serbest alanın genişliğinin fazla önemli olmadığı durumlarda direkleri "X" şeklinde yerleştirilmiş tahkimatlar kullanılabilir. Bu tür bir dizayn ile tahkimatın boyutları düşürülmekte, böylece toplam ağırlık azalmaktadır (Şekil 12).



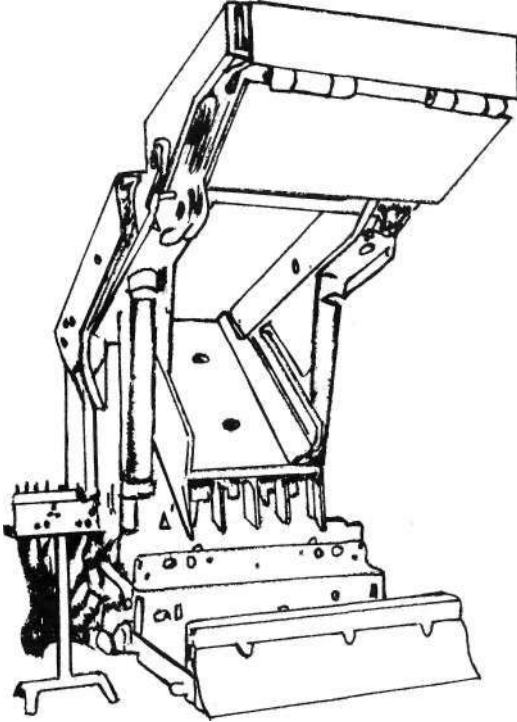
Şekil 12. Direkleri "X" biçiminde yerleştirilmiş dört direkli kalkan türü tahkimat.

Ayak arkasına komple ramble uygulanan ilerletimli uzunayaklarda ve arkadan kömür almak için konveyör kullanımının gerektiği kalın damarlarda ayak arkasının serbest kalması amacıyla, lemniscate bağlantı tahkimat bloğunun ortasına yerleştirilebilir. Bu tür dizayna örnek olarak Hemscheidt 5100-19/28 modeli tahkimat üniteleri gösterilebilir (Şekil 13).

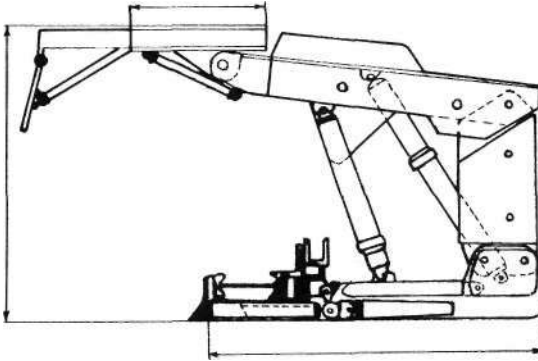


Şekil 13. Taban ayak arkadan alma yöntemi.

Pencereli kalkanlar ise, kalın damarlar için, Macaristan'da Vezsprem kömür havzasında geliştirilmiştir. Nikex VHP 730 ve 733 modeli kalkanlar, ikisi tavan sarması altına ve öne doğru eğimli olarak yerleştirilmiş; diğer ikisi de pencereyi açıp, kapayabilmek için oluk altına yerleştirilmiş toplam 4 hidrolik direkten oluşmaktadır. Pencere boyutları 1980x880 mm. olup, açıldığında tavanda kırılan kömürün olukla direkt olarak ayna konveyörü üzerine akıtılmasını sağlar. Böylece tavan kömürünün ayak içinde nakledilmesi için arka konveyörüne gerek kalmaz (Şekil 14 ve 15).



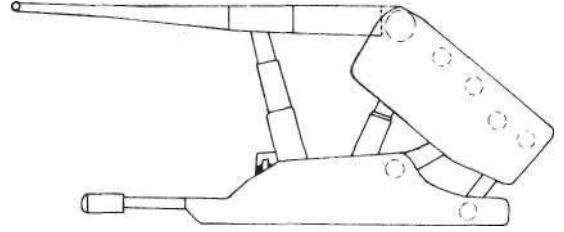
Şekil 14. Tavan sarması üzerinden açılan pencere ile tavandan kömür akıtmaya uygun kalkan türü tahkimat (Nikex - VHP 730 Modeli).



Şekil 15. Tavan sarması üzerinden açılan pencere ile kömür akıtmaya uygun kalkan türü tahkimat (Nikex - VHP 733 Modeli).

### 3. Her İki Sarmayı Destekleyen Kalkanlar

Hem tavan, hem de göçük sarmasını destekleyen direklerden oluşan kalkanlar ise çok yüksek tavan basıncına maruz kalan ayaklar için dizayn edilmişlerdir. Bu tür tahkimatlarda nihai yük ağırlık merkezi, ana sarma ile göçük sarması bağlantı hattına yaklaştırılmış olduğundan bu nazik bölgedeki aşırı yükün azaltılabilmesi için göçük sarmasını tutan direklere öndekilere oranla daha düşük direnç uygulanmaktadır (Örnek: Westfalia Lünen BS 2.1 VH Modeli, Şekil 16).



Şekil 16. BS 2-1 VH modeli kalkan türü tahkimat.

### 5. DİREK KUVVETLERİNİN TAHKİMAT DİRENCİNE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ

Yürüyen hidrolik tahkimatlarda direkler tavan sarmasını tutacak şekilde yerleştirilmiş ve tahkimat kuvveti ile aynı doğrultuda çalışmakta ise, direk kuvvetlerinin tahkimat direncine dönüştürülmesi oldukça basitleşir. Tavan ve taban arasındaki göçük yönünde oluşan yanıl basınçlar ihmal edilebilecek kadar küçük ise direklerin dik olarak yerleştirilmesi en uygundur. Şayet yanıl basınçlar büyük boyutlarda ise, yatay karşı kuvvetler maksimum sürtünme kuvvetine olabildiğince eşit tutulmalıdır. Tahkimatın karşı basıncının ( $F^g$ ) sürtünme katsayısı olan ( $JL$ ) ile çarpılması sonucu elde edilen değer yatay basınçlara karşı direnci verir. Böylece, sürtünmeden dolayı tahkimat kuvveti, tanjantı  $JL$  değerini verecek bir açı, yani  $a - fx = 0.3$ ;  $0i = 16.7^\circ$  lik bir açı ile öne doğru eğimli olarak uygulanmalıdır. Bu yüzdendir ki, kalkanlarda direkler genellikle tavandan gelecek yanıl basınçları karşılayacak ve tahkimat kuvveti ile aynı doğrultuda yer alacak şekilde öne doğru eğimli yerleştirilirler. Kapalı yüksekliği çok düşük ve açılabilirlik payı yüksek (düşey yükseklik ayarı büyük) olan kalkanlarda direkler tahkimatın model ve türüne bağımlı olmaksızın eğimli yerleştirilmek zorundadırlar. Düşey ile direk arasında ( $j3$ ) açısı kadar bir eğim söz konusu olduğunda düşey doğrultuda işlev gören direk kuvvetinin bileşkesi ( $FAR \cdot \cos j3$ ) dır. Bu da, örneğin  $60^\circ$  lik bir ( $j3$ ) açısı söz konusu

olduğunda direk kuvvetinin ancak % 50'ye kadar yararlanılabileceği anlamına gelir. Lemniscate bağlantılı kalkanlarda, lemniskatik eksenlerin kuvvet keşime noktaları (pole points), toplam kuvvetlerin etkinlik derecesini belirler.

Tahkimat direncinin etkinlik noktası direklerin değişik yüksekliklerine göre yer değiştirir. Bu yüzden kalkan türü tahkimat dizaynında "sarma boyut oranı" ile "kontakt basıncı" ve değişik konum ve açıklıklarda tahkimatın dengesi çok önemli bir şekilde hesaplanarak belirlenmelidir.

Denemeler göstermiştir ki, direklerin 0°-17°'lik bir açı ile tavan sarması altına yerleştirilmeleri ile elde edilen tahkimatlar en etkin çalışan tahkimatlardır. Bu aşamada ortaya çıkan sorun, hangi tip tahkimatın hangi yüksekliklerde ve hangi damar kalınlıklarında en uygun dizayn özelliklerini vereceğini bulmaktır.

## 6. TAHKİMATLARDA DÜŞEY YÜKSEKLİK AYARI

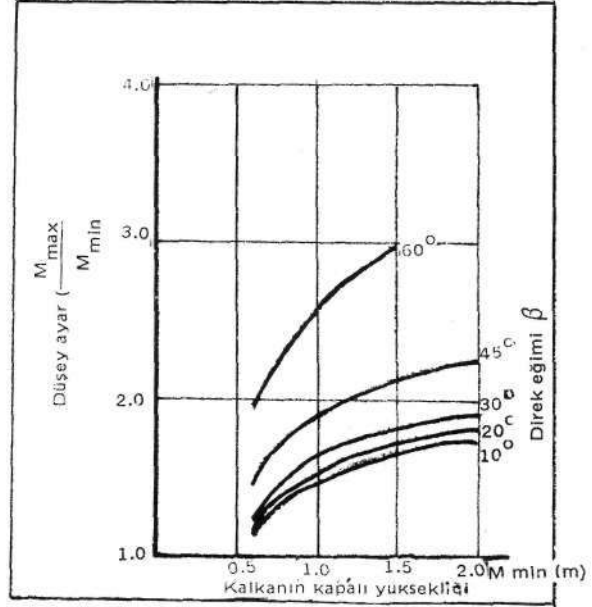
Bu kalkan türü tahkimatın maksimum açılabilir yüksekliğinin kapalı yüksekliğine oranına "Düşey Yükseklik Ayarı" denir.

Tekli-teleskobik bir direk tavan sarmasına tam dik gelecek şekilde yerleştirildiğinde tahkimatın düşey yükseklik ayarı daima 2:1'den küçük olur. Çünkü, pistonun darbe uzaklığı direğin kapalı yüksekliğinden kısadır. Toplam tahkimat yüksekliğinin darbe uzaklığına oranı ancak dış direk uzunluğunun artırılması ile sağlanabilir. Çünkü, piston genişliği, keçelerin kalınlığı ve üretim gereği bazı ölçüler her boy direk için sabit kalacaktır. Tekli-teleskobik direkler en çok yürüyen domuzdamları (hydraulic chocks) ile bugün artık güncelliğini yitirmiş çerçeve tipi tahkimatlarda (frame-type supports) kullanılmışlardır. Kalkan türü tahkimatlarda düşey yükseklik ayarını artırmak:

- Direklerin eğimli yerleştirilmesi ve
- Piston yataklarının ve burçların ölçülerinin küçültülmesi ile olanaklıdır.

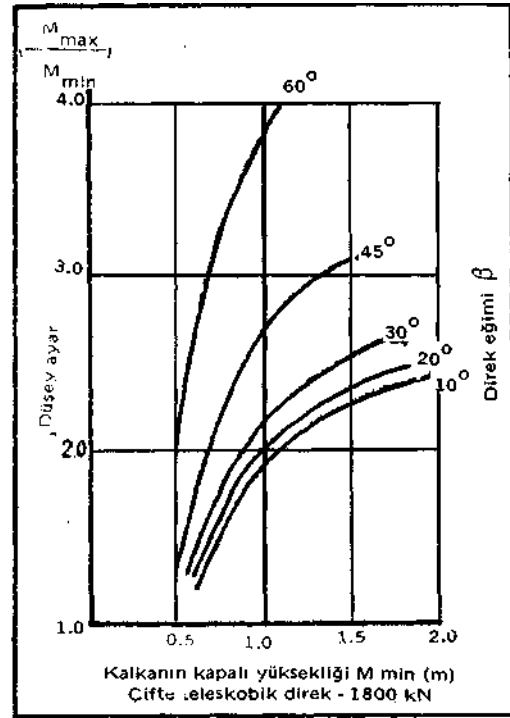
Kalkan türü tahkimatlar dizayn gereği daha dengeli olduklarından direklerin değişik eğimlerde tavan sarması altına yerleştirilmeleri mümkün olabilmektedir. Şekil 17'de bir kalkan türü tahkimatta tekli-teleskobik direklerin farklı eğimlerdeki konumlarına göre ortalama düşey yükseklik ayarları görülmektedir. Düşey yükseklik ayarı 3:1'lere varan kalkanlar çeşitli nedenlerle üretilirler. Örneğin;

bu derece yüksek açılır-kapanırlığı olan direklerden oluşan tahkimatlar, değişken kalınlıklar gösteren damarlar için son derece elverişlidir. Ayrıca, oldukça kalın bir damarda kullanılacaksa bile tah-



Şekil 17. Tekli teleskobik direk - 1800 kN

kimatın kapalı yüksekliğinin ulaşım zorlamaları nedeni ile düşük tutulması arzulanabilir. Şekil 18'de çifte-teleskobik direklerin değişik eğim açılarında sarma altlarına yerleştirilmesi ile oluşmuş

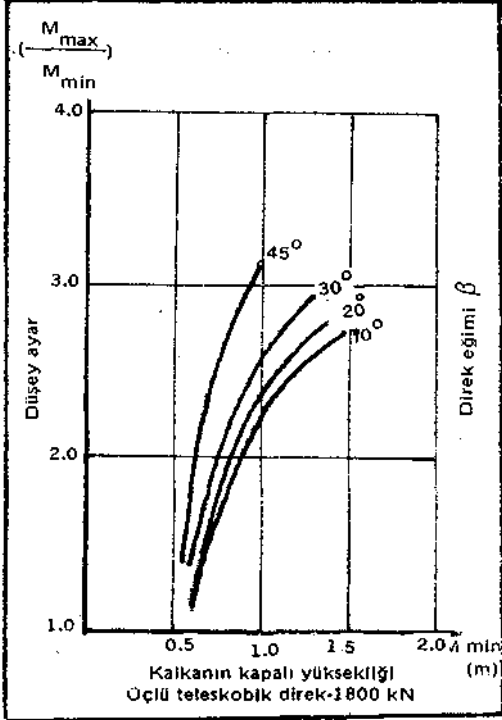


Şekil 18. Çifte teleskobik direklerin kullanıldığı kalkan türü tahkimatlarda değişik direk eğimlerine göre düşey ayar oranı.



kalkan türü tahkimatların düşey yükseklik ayarı ka-  
rakteristiği verilmiştir. Günümüzde yaygın olarak  
kullanılmakta olan kalkan türü tahkimatlar düşey  
yükseklik ayarı yönünden bu özelliklere sahiptirler.

Düşey yükseklik ayarının dışında direklere takı-  
lan uzatma parçaları ve taban şasesi ile lemniskatik  
bağlantı tertibatı arasına yerleştirilen yükseltirler  
vasıtası ile de tahkimatlar daha yüksek damarlara

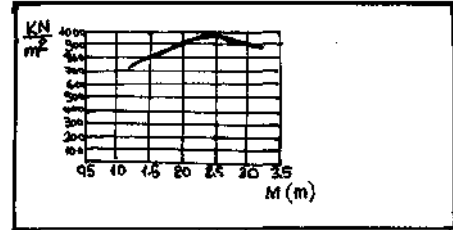


Şekil 19. Üçlü teleskobik direklerin kullanıldığı  
kalkan türü tahkimatlarda değişik direk  
eğimlerine göre üçlü teleskobik düşey  
ayar oranı.

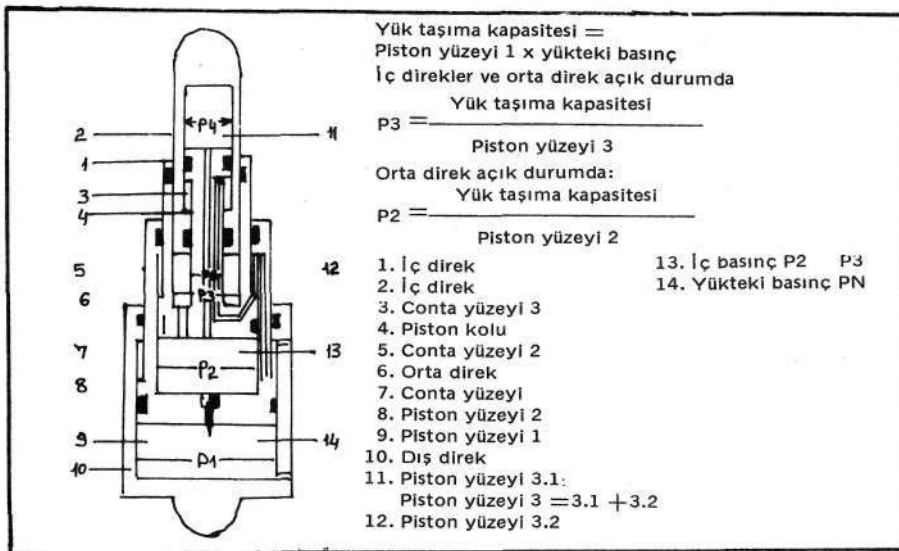
uygulanabilirler. Bu tür uygulamalarda tahkimatla-  
rın karakteristik eğrileri ve kinematik özellikleri  
değişmeden kalır.

Karakteristik eğriyi daha geliştirmenin yada dü-  
şey yükseklik ayar oranını artırmanın başka bir yo-  
lu da üçlü-teleskobik direklerin kullanılmasıdır  
(Şekil 19). Şekil 20'de örnek olarak Westfaliauç-  
lü-teleskobik direğinin bir kesiti görülmektedir.  
Federal Almanya'nın Westfalen Ocağı'nda tama-  
men üçlü-teleskobik direklerden oluşan kalkan türü  
tahkimatların kullanıldığı bir ayak halen çalışmak-  
tadır. Bu tahkimatların karakteristik eğrisi de Şe-  
kil 21'de görüldüğü gibi son derece ideal olmak-  
tadır.

Direklerin düşey yükseklik ayar özellikleri ile  
birlikte tahkimatın toplam ağırlığı, maliyeti ve  
tahkimat kuvveti gibi konular da birlikte irdelen-  
meli ve bir seçim yaparken şu noktalar akıldan çı-  
karılmamalıdır:



Şekil 21. Westfalen ocağında kullanılan üçlü teles-  
kobik direklerin karakteristik eğrisi.



Şekil 20. Westfalie üçlü teleskobik direğin şematik yapısı.

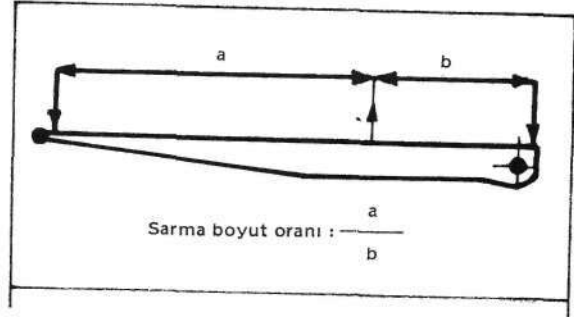
- i) Düşey yükseklik ayar oranı asla gereğinden fazla tutulmamalıdır,
- ii) Nisbeten orta kalınlıkta yada ince damarlar- da çifte yada üçlü-teleskobik direkler yeğlen- melidir.
- iii) Kalın damarlarda ulaşım olanakları elverişli ise tekli-teleskobik direkler kullanılmalıdır.
- iv) Direklerin konumu dikeye yaklaştıkça daha iyi bir karakteristik eğri çizerler; yani, çeşitli direk açıklıklarında düşeye yakın yerleştiril- miş direkler daha düzgün bir tahkimat diren- ci gösterirler.

## 7. TAVAN VE TABANA ETKİ EDEN TAHKİMAT DİRENCİ

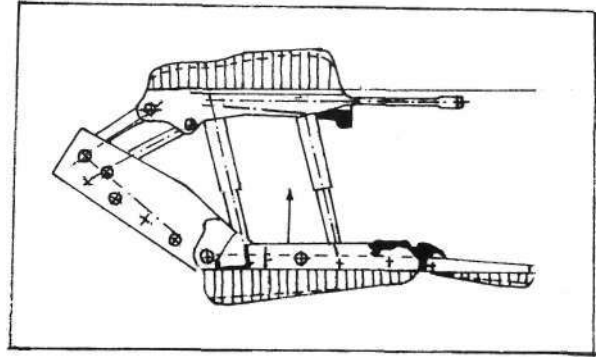
Kalkan türü tahkimatların elemanları tamamen sabit değildir. Direk ve silindirlere gelen hidrolik kuvvetlerin altında zamanla elastik deformasyona uğrarlar. Tavan ve tabana gelecek kontakt basıncının dağılımı başlangıçta, olası elastik deformasyon dikkate alınarak belirlenir. Günümüzde çok sayıda kalkan türü tahkimat dizaynı gerçekleştirildiğinden, bunların uygulamalarından edinilen deneyimlere dayanılarak kontakt basıncını hesap etmek mümkündür. Çoğu durumda en yüksek kontakt basıncının sonuncu tahkimat kuvvetine erişildiğinde oluştuğu görülür.

Tavan sarması, tavan taşı ile tüm yüzeyi boyunca tam temas sağlanmalı; tavan katmanlarında istenmeyen kırılma ve ayrışmayı, dolayısıyla ile ayak içerisine kırıntı malzeme akmasını önleyebil- mek için uç kısımlarında dahi tavana yeterli karşı kuvveti iletebilecek durumda olmalıdır. Deneyimler göstermiştir ki, sabit bir tavan sarması, ancak yüklerin sarma üzerine etki ettiği ağırlık merkezi ile sarmanın ön ucu arasındaki uzaklığın, ağırlık merkezi ile sarmanın arka ucu arasındaki uzaklığa oranının (sarma boyut oranı) 2:1'e yakın olduğu durumlarda bu işlevini yerine getirebilir (Şekil 22). Dik konumlu, dört direkli bir hidrolik domuz- damı türü tahkimatın direnci, düşey yükseklik ayarının tüm açıklıklarında oldukça fazladır. Eşit boy- da direklerin kullanıldığı tahkimatlarda yük ağırlık merkezi, tavan sarması ve taban şasesi üzerine ge- len yükler ve kontakt basıncının bunlar üzerindeki dağılımı yönünden en uygun nokta olan direklerin etki noktalarının merkezine karşılık gelir (Şekil 23). Bu tür bir tahkimat, değişken jeolojik koşulla- rın hakim olduğu ocaklar için idealdir. Çünkü, du- ruma göre ön yada arka çift direkleri birlikte ve farklı basınç değerlerinde sıkılamakla yük ağırlık

merkezi öne yada arkaya kaydırılabilir. Örneğin; tavan formasyonunun aynaya yakın bir yerde kırıl- ması durumunda, yürüyüş esnasında tahkimatın ar- ka direklerini hafifçe indirmek suretiyle ön direk çiftinin tavan sarmasını yukarı doğru kaldırarak akan yerleri tutması rahatlıkla sağlanabilir (Şekil 24).

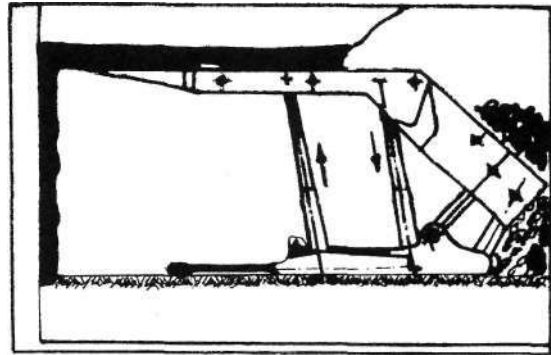


Şekil 22. Sarma boyut oranı



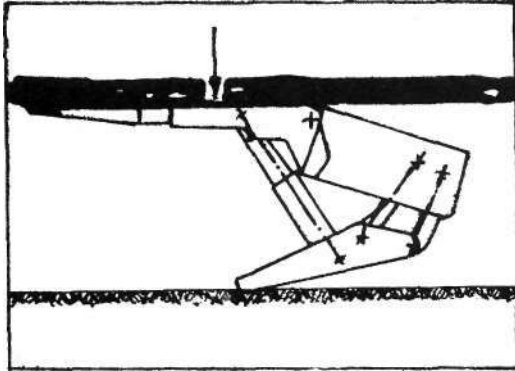
Şekil 23. BS 2-1 P modeli kalkan türü tahkimatta kontakt basınç diyagramı.

Bazı kalkan türü tahkimatlara hidrolik olarak çalışan bir yük dengeleyici silindir eklenmiştir. Şe- kil 9'daki gibi iki direkli bir kalkan türü tahkimat- ta yük ağırlık merkezi, dengeleyici silindirin vere- ceği direncin büyüklüğüne bağlıdır. Uygulanacak bu direncin, kalkanın kullanımı açısından pratik



Şekil 24. Tavan akması halinde dört direkli kal- kan türü tahkimat ile tavanın tutulması.

önemi büyüktür. Tahkimatı kullanan kişi genellikle tahkimatın yürütülmesinin ardından önce dengeleyici silindire sarmanın ön kısmını tavana sıkılar; ancak bundan sonra direkleri yükselterek sarmanın diğer kısımlarını sıkıştırır. Direklerin uzatılmasından sonra ana sarma ile göçük sarması arasındaki açı küçülür ve dengeleyici silindirin gerilimi düşerek kapanmaya başlar. Bunun anlamı, en yüksek silindir kuvvetine, direk valfleri açıkken (sıkılama durumunda) erişilmiş olacaktır. Bu durumda yük ağırlık merkezi aynaya doğru bir hayli kayar hatta, taban şasesinin çok kısa olması halinde izdüşümsel olarak şasesinin de önünde bir noktaya gelir; böylelikle taban şasesinin arka kısmının havaya kalkmasına neden olur (Şekil 25). Bu durumun önlenmesi için tahkimatın hidrolik devresine otomatik bir kaçak valfi yerleştirilir. Bu kaçak valfi direklerin ilk yükünü almalarının ardından açılır ve silindirden bir miktar hidrolik bırakılarak dengeleyici silindirin gerginliği korunmuş olur. Bu yolla, tahkimatın sıkılanması sürecinde sarma ve taban şasesi arasındaki paralellik, dolayısıyla şasesinin tabana tam kontağı korunmuş olunur. Bundan sonra kaçak valfi kapatılarak tahkimatın atıl durumunda dengeleyici silindirin normal işlevini yapması sağlanır.



Şekil 25. Dengeleyici silindir kuvvetinin yük ağırlık merkezine olan etkisi ve kısa taban şasesinin arkaya doğru kalkması.

Kaçak valfi sistemi kullanılmayacak olursa tahkimat ünitesi yük altında kapanma durumunda iken, direklerin alçalması sonucu tavan sarması ve göçük sarması arasındaki açı büyür; dengeleyici silindirin kuvveti çekme kuvvetine dönüşür; böylelikle yük ağırlık merkezi kalkanın arka kısımlarına doğru kayarak taban şasesinin kalkmasına yol açar.

Essen Kray'daki Bergbau-Forschung firması tarafından yapılan araştırmalara göre lemniskatik düzeneğin kutup noktası (pole-point) tavan sarması ile aynı düzlemde ise, yük ağırlık merkezi direklerin üzerinde oluşur; tavan sarması düzleminin üze-

rinde ise, direklerin birkaç santimetre gerisinde; tavan sarması düzleminin altında ise, bu kez yük ağırlık merkezi direklerin bir kaç santimetre önünde oluşur. Kutup noktasının izafi yeri, tahkimat elemanlarının ölçüsüne göre belirlenir. Yine, düşey ayarlamaların oranı da bu yerin belirlenmesinde etkindir. Düşey ayarlama oranı yüksek ise kutup noktasının tavan sarması düzleminin altından üstüne doğru yer değiştirme olasılığı da o derece yüksek olur.

Özetlenecek olursa, iki direkli kalkan türü tahkimatların dizaynı son derece dikkatle yapılmalı ve kullanım esnasında operatörler de bu dizayn özelliklerini çok iyi kavramış, tahkimatı dengede tutabilmek için gerekli yeteneği edinmiş olmalıdır.

Üç yada dört direkli olan Şekil 16'dakine benzer modellerde arka direkler göçük sarması içine girecek şekilde yerleştirilmişlerdir ve yük ağırlık merkezi sarmaları birleştiren pim noktasına çok yakın oluşur ki; bu da bu bölgelerde yüksek derecede basınç oluşması anlamına gelir. Zayıf tavan koşullarında tavanın bu bölgede kırılması dolayısıyla tavan sarmasının arka kısmının boşluğa girmesi sonucu ön kısmının aşağıya doğru eğilmesi söz konusu olabilir. Öte yandan, taban şasesi üzerinde basınç dağılımları yönünden bu tip tahkimatlar avantajlıdır. Yani, BS 2.1 VH modeli kalkan türü tahkimatlar yumuşak taban koşullarına uygun düşmekle birlikte, başarılı olması tavanın da sağlam olmasına bağlıdır.

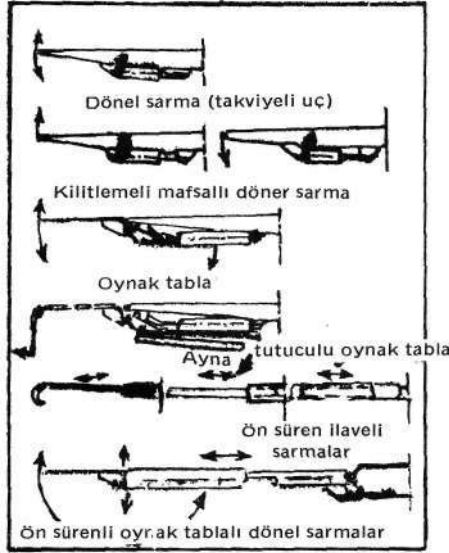
Genel kural olarak tahkimat seçiminde, önce iki direkli model ve dört direkli model arasında tercih yapmak gerekir. Seçim yapılırken tavan koşullarının geniş bir tahkimat açıklığına uygun düşüp düşmeyeceği ve böyle bir açıklığın havalandırma, geliş-geçiş ve emniyet yönünden gerekli olup olmadığı yada dar tahkimat açıklığında iyi bir tavan kontrolü sağlanıp sağlanamayacağı göz önünde bulundurulmalıdır. Sarmanın uzun olması halinde daha sonraki havelerde tavanda aynı noktalara mükerrer karşı basınçlar verilecektir. Oysa kısa sarmalarla tavanın belli noktaları daha az sayıda sıkıştırılacağından, zayıf ve kırılabilir tavan koşullarında kısa sarmalı iki direkli tahkimatlar; sağlam ve zor göçen tavan koşullarında da yüksek tahkimat direncine sahip dört direkli kalkan türü tahkimatların kullanılması genel eğilimdir. Dört direkli kalkan türü tahkimatlar makaslama etkisi ile geniş açıklıkların arka kısımlarında yüksek bir kırma kuvveti yaratırlar.

## 8. TAVAN SARMASI VE YAN ŞASELER

Şimdiye kadar tüm anlatılanlar yekpare-sabit sarma kullanılan tahkimatlar ile ilgiliydi. Sabit sarmaların uzunluğu şu etmenlere göre belirlenir:

- Ayak içinin ve konveyör sisteminin genişliği,
- Yük ağırlık merkezi ile taban şasesinin ön kısmı arasındaki uzaklık (bu, iki direkli tahkimatların konumsal dengesi ve bütün kalkan türü tahkimat modelleri için taban basıncının en fazla olduğu yer açısından önemli bir etmendirdir).
- Ön direklerin ön kısmındaki geçiş yolunun genişliği,
- Sarma uç noktası ile kömür aynası arasındaki uzaklık,
- Kesici makina kullanılan ayaklarda have derinliği,
- Sarma arka mesafesi, sarma ön mesafesinin yaklaşık yarısı kadar olmalıdır ki sarma, tavan ile tam kontakt halinde olsun ve sarmanın arka ucunda aşırı basınç kuvveti oluşmasın.

Bu gereksinimlerden dolayı değişik koşullarda ve değişik amaçlarla kullanılan çeşitli sarma dizaynları geliştirilmiştir (Şekil 26).

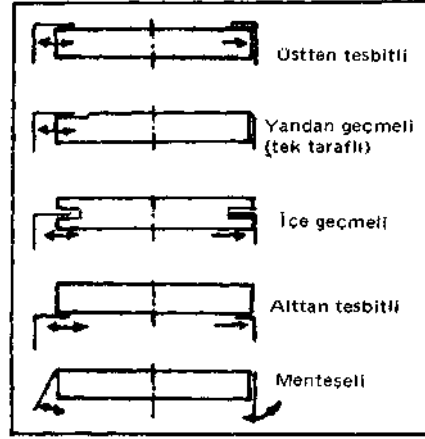


Şekil 26. Kalkan türü tahkimatlarda kullanılan sarma şekilleri.

Sarma yan şaseleri, sarma aralarından ayak içinine paşanın akmasını önleyen ve tozla mücadele için gerekli aksesuarlardır. Yan şaseler normal olarak tavan sarmasına da eklenebilirler, bazen sarmanın ön kısmına doğru da uzatılabilirler. Sarmaların

her iki tarafında yaylı bir düzenele yada hidrolik silindirelerle ayarlanabilecek şekilde yapıldıkları gibi, bazıları tek taraflı, fakat sarmanın diğer tarafına da uyabilecek şekilde dizayn edilirler (Şekil 27).

Denemeler göstermiştir ki, keskin yanlı profiller tozla mücadele açısından en elverişli olanlardır. Komşu iki yan şasesinin keskin yanları birbirlerine değecek şekilde denk getirildiğinde hem aralarında pasa akacak boşluk kalmaz, hem de tahkimatların yürütülmesi esnasında tavandaki iri parçaları öğütürerek küçültürler. Şekilde görülen dizaynların içinde basit ve kullanışlı oluşlarından dolayı üstten geçmeli yan şaseler en çok kullanılanlardır. Bunun yanında en az kullanılanlar ise menteşeli yan şaselerdir.



Şekil 27. Sarma yan şaseleri.

Özellikle ondülasyonlu damarlarda tavan sarmaları arasındaki ideal açıklığı korumak güçtür. Senklinal durumunda sarmalar iç içe girerken, antiklinaler geçirilirken sarma aralıkları normalden fazla açılabilir. Taban şaseleri ayna konveyörüne tesbit edilmiş olduğundan, böyle durumlarda tahkimat ünitelerini birbirine yaklaştırmak yada uzaklaştırmak güç olur. Bu nedenle, özellikle çok kalın, inişli, çıkışlı ve düzensiz damar koşullarında tahkimatlarda kullanılan sarma yan şaseleri tahkimat ünitelerinin muntazam aralıklarla yürütülebilmesi ve tutulabilmesi için kılavuzluk görevi görürler. Aynı zamanda taban yollarının aynaya tam dik açı teşkil etmediği panolar ile ayağın döndürülmesi gerektiği durumlarda tahkimat ünitelerini yönlendirmek açısından çok işe yararlar.

Bazı imalatçı firmalar ayrıca akordeon tipi denilen türde tahkimatlar da geliştirmiştir. Bu tahkimatlarda 300 mm'ye kadar açılabilen ve yük taşıma özelliği olan yan şaseler mevcut olup, ayak

uzunlukları değişmelere göre boşta kalan kısımları tahkim etmek için kullanılırlar. Bu tür tahkimatlar 1400 mm. ve 2000 mm. genişlikte olmak üzere iki türde imal edilmekte ve ayak uçlarında 6-8 ünitelik takımlar halinde kullanılmaktadırlar. Konveyöre bağlantılı olmayıp, göçük tarafına çekilen bir kılavuz hattı sayesinde konveyöre paralel bir şekilde ötelenmeleri sağlanır.

Burada şu noktayı hatırlatmakta yarar vardır; kalkan genişliklerinin standart olarak 1,5 m. tutulması şart değildir. Kalkan türü tahkimat ünitesi genişliği, ya ayna konveyörü oluklarının uzunluklarına eşit olmalı; yada göçük kısmında -varsa- kullanılan teçhizat yada ekipmanın (dolgu cepleri, hidrolik domuzdamları vb. gibi) ünite uzunluklarına uyum sağlamalıdır. İmalatçı firmalar 1.2 m. ve 1.75 m. genişliğinde tahkimatlar imal etmektedir. Sarma seçiminde şu noktalara dikkat etmek gerekir:

- Sarma ucu ile ayna arası açıklığı 350 mm'yi aşmamalı; sarma boyut oranı 2:1'e yakın olmalıdır.
- Jeolojik koşullar elverdiği sürece sarma dizaynı olabildiğince basit olmalıdır.
- Kalın, düzgün olmayan, ondülasyonlu ve gevşek tavana sahip damarlarda ek destek elemanları bulunan; olabilirse yardımcı uçlu ya/ yada ön süren uzatma düzenekli; oynak tabla ve ayna tutuculu sarmalar seçilmelidir.
- Çok ince damarlarda ince profilli sarmalar yeğlenmelidir.

## 9. TABAN ŞASESİ VE YÜRÜTME DÜZENİ

Kalkan türü tahkimatların dizaynında aşağıdaki noktalara dikkat edilmelidir:

- Yük ağırlık merkezi taban şasesinin oldukça arkalarına isabet ettirilmelidir. Bu, ayaktaki çalışmaların her aşamasında üniteyi dengede tutabilmek ve taban basıncını en aza indirebilmek için zorunludur.
- Tahkimat yük aldığı anda taban şasesinin tabana gömülmesinin önlenmesi için şasesinin yüzeyi yeterince geniş tutulmalıdır.
- Konveyör ve tahkimatı yürütme düzeni, sistemde yeterince yan ve yatay boşluklar yaratacak şekilde esnek tasarlanmalıdır.

- Taban şasesi arasında ayak içinde biriken paşayı göçüğe doğru aktarabilmek için yeterli boşluk bırakılmalıdır.

Taban Şasesi;

- Sabit şase
- İki parçalı şase
- Yürütme düzeni şase üzerinde
- Yürütme düzeni şasesinin yan tarafında

olacak şekilde dizayn edilebildikleri gibi, ayrıca her model de dizayn farklılıkları gösterebilir (Şekil 28).



a) Ters montaj yürütme düzenli iki parçalı şase



b) Düz montaj yürütme düzenli mafsallı ön ayaklı iki parçalı şase



c) Sabit şase ve yana yerleştirilmiş yürütme düzeni



d) Sabit şase ve merkezi yürütme düzeni

Şekil 28. Çeşitli taban şasesi ve yürüten düzenleri

Sabit şaseseler yumuşak taban koşullarında kullanılan kısa tahkimatlar için uygundur. Yürütme düzeni şase üzerine yerleştirilmişse pistonun düşey hareketi için bir miktar açıklık gerekeceğinden bu tür bir dizayn çok ince damarlar için uygun olmaz. Bu koşullarda yürütme düzeni şasesinin yan tarafına yerleştirilmelidir.

Taban koşulları elverişli ise iki parçalı şaseler daha çok tercih edilir. Birer direği indirmekle yada bir çift direği indirmekle her iki taban şasesi ayrı ayrı hareket ettirilebilir.

Şasenin tabana saplanması halinde yürütmede kolaylık açısından şase parçalarının ucuna mafsallı ayaklar takmak yada daha etkin bir yöntem olarak hidrolik kaldırma pistonları kullanmak gerekir.

Ters montaj yürütme düzeninde pistonun taban kısmı, sistemi ötelemede etkindir. Kalkanın ön kısmında mafsallı bir şekilde bağlanmış olan piston, kuvvetini şasenin altına yerleştirilmiş ve kılavuz çubuklarla birleştirilmiş olan konveyöre bağlantılı kızaklara iletir.

Düz montaj yürütme düzeninde önce konveyörü, sonra tahkimatı öteleyebilmek için ek piston donanımına gereksinim vardır. Bu tür düzenler ters montajdakilere göre boyca daha kısa mesafe gerektirdiğinden daha çok kısa tahkimatlarda kullanılırlar.

## 10. KONTROL VALF SİSTEMLERİ

Tahkimatlarda asıl yada ikinci! görevi olan çok sayıda piston kullanılmaktadır. Bunun için kontrol valf sisteminin çok iyi seçilmesi gerekir. Son yıllarda var olan doğrudan kontrol sistemine, dolaylı kontrol sistemleri yada servo kontrol denilen sistemler eklenmiştir.

Westfalia Lünen tarafından dizayn edilmiş olan piyano tuşlu selektör ve kontrol sistemleri tahkimatların yarı otomatik olarak kullanılmasını sağlamıştır. Ana valf kumanda tablosuna bir otomasyon bloku ekleyerek tahkimatların alçaltılması, yürütülmesi, sıkılanması gibi temel hareketleri, bir tahkimattan yanmdakine geçecek şekilde bir sıra içinde otomatik olarak sağlanabilmektedir.

Bu hidrolik oto-kontrol sistemi sayesinde tahkimat operatörlerinin makinanın çalışmakta olduğu kısımlarından, dolayısıyla tozdan uzak bölgelerden tahkimatları yürütmeleri sağlanmıştır.

Aynı kontrol sistemi hidrolik yerine elektrohidrolik bir düzenle ana kumanda valf blokuna uygulanabilir Siemens ve Westfalia Lünen firmalarının ortaklaşa geliştirdikleri ve "Panzermatic E" adı

verilen böyle bir sistemin yeraltında denemeleri başarı ile tamamlanmış olup bazı eksiklikleri de giderildikten sonra piyasaya sunulması beklenmektedir.

## 11. SONUÇ

Yüksek düzey ve yanal basınçlara maruz ayaklarda kesinlikle lemniscate bağlantılı kalkan türü tahkimatlar kullanılmalıdır. Yanal basınçların fazla etkin olmadığı durumlarda domuzdamı türü yürüyen tahkimatlar (chocks) da tercih edilebilir. Çerçeve tipi tahkimatlar günümüzde zaten artık üretilmemektedir.

Her ocak kendi jeolojik ve işletme koşullarına uygun dizayn parametrelerini öncelikle saptamalı; hazır modeller yerine imalatçı firmalardan kendi koşullarına elverişli detay özellikleri taşıyan yürüyen tahkimatlar sipariş etmelidir.

Seçim yapılırken ana tahkimat gövdesi ve direkler kadar, sarma, taban şasesi, yan şaseler ve kontrol valfleri gibi aksesuarlar üzerinde de iyice düşünlmesi gerekir.

Yürüyen tahkimat uygulamasına karar verildiğinde konuya yalnız ayakların mekanize edilmesi şeklinde değil, aynı zamanda üretimin ve malzemenin nakliyatı ile hazırlık çalışmalarının da yüksek üretim temposuna ayak uyduracak düzeyde mekanize edilmesi açısından bakılmalı; kısacası ocağın alt yapısının da tamamen değişmesi gerekeceği hatırdan çıkarılmamalıdır.

## KAYNAKLAR

1. WHITTAKER B.N.; An Appraisal of Strata Control Practise, Presented at a Joint Genera) Meeting of the Institution of Mining and Metallurgy and The Institution of Mining Engineers, held at the Europe Hotel, 25 th. January 1974.
2. PERSCHI, O.; Abbau maechtiger Flözlein den Kohlengruben von Veszprem-Revier Ajka - Mittels Eigenentwickelten Schildausboues für Firstrauben., Bergund Hüttenmaennische Monatshefte Heft 12-1985.
3. Kişisel Görüşmeler ve Muhtelif Kataloglar;
  - I. Nikex, Hungarian Trading Company for products of heavy Industry, Budapest-Hungary
  - II. Kopex Exporter, Poland
  - III. Westfalia-Lünen, Deutschland
  - IV. Hemscheidt Maschinenfabrik, Wuppertal-Deutschland
  - V. Babcock International Company, Newcastle Upon Tyne-England