

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KALKAN TİPİ MEKANİZE TAHKİMATIN YÜK
ANALİZLERİ

Hasan Eray YAMAN

Temmuz, 2017

İZMİR

KALKAN TİPİ MEKANİZE TAHKİMATIN YÜK ANALİZLERİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Maden İşletme Programı

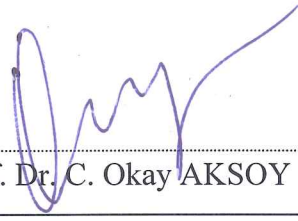
Hasan Eray YAMAN

Temmuz, 2017

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

HASAN ERAY YAMAN, tarafından Prof. Dr. C. OKAY AKSOY yönetiminde hazırlanan “KALKAN TİPİ MEKANİZE TAHKİMATIN YÜK ANALİZLERİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof. Dr. C. Okay AKSOY

Yönetici



Doç. Dr. Kerim Kızılk

Jüri Üyesi



Doç. Dr. Abdullahi Fişne

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Emine İlknur CÖCEN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Başta tezime ve çalışmalarımaya yön veren, hiçbir konuda bana yardımcı olmak ve yol göstermekten kaçınmayan, bilgisi ve tecrübesiyle sadece meslek hayatında değil günlük hayatta da bana yeni bakış açıları kazandıran çok değerli hocam sayın Prof. Dr. C. Okay AKSOY'a,

Bana mesleği sevdiren ve bu yolda ilerlememi sağlayan çok değerli hocam sayın Doç. Dr. G. Gülsev UYAR'a,

Analizlerimin çözüme ulaşmasında bana büyük yardımları dokunan ve desteğini esirgemeyen sayın Serkan BAHÇEKAPILI'ya

Maddi ve manevi desteğini benden esirgemeyen, beni yetiştirip bugünlere kadar getiren, beni yalnız bırakmayan, derdime ortak olan her yaptığım yanışta bana hep doğru yolu gösteren sevgili aileme,

Çalışmalarım boyunca benim her halime katlanan, her daim bana destek olan, yardımlarını ve sevgisini benden esirgemeyen sevgili kız arkadaşım Kübra ALTINOVA'ya en içten saygı ve teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Hasan Eray YAMAN

KALKAN TİPİ MEKANİZE TAHKİMATIN YÜK ANALİZLERİ

ÖZ

Yeraltı kömür işletmeciliğinde kullanılan yöntemlerin başında uzun ayak yöntemi gelir. Ayak içinde kullanılan tahkimat türü, ana galerilerde kullanılan tahkimatlardan farklı ve özel olmalıdır. Uzun ayaklarda kullanılan bu özel tahkimatlar (yürüyen) mekanize tahkimat adını alır. Bu tez çalışmasında daha önce dizayn edilmiş bir mekanize tahkimatın yük analizleri yapılmıştır. Tezin amacı, yük analizlerine bağlı olarak, mekanize tahkimatın hangi şartlar altında nasıl davrandığını gözlemlenektir.

Anahtar Kelimeler: Mekanize tahkimat, yük analizi, uzun ayak

LOAD ANALYSES of SHIELD TYPE MECHANIZED SUPPORT

ABSTRACT

Longwall method is the main method for underground coal mining. The support type which is used in long-wall must be different type from the support type which is used in main galleries and it must be special. This special type supports are called as mechanized supports. In this thesis, a pre-designed mechanized supports load analyzes were performed. The aim of this thesis, depending on load analysis, to observe how it behaves under what conditions of this mechanized support.

Keywords: Mechanized support, load analysis, long wall



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
BÖLÜM BİR – GİRİŞ	1
BÖLÜM İKİ -TAHKİMATIN TANIMI VE TAHKİMAT TÜRLERİ	3
2.1 Tahkimatın Tanımı	3
2.2 Tahkimat Türleri	3
2.2.1 Mekanize Tahkimatlar.....	5
BÖLÜM ÜÇ - KALKAN TİPİ TAHKİMAT	10
3.1 Kalkan Tipi Tahkimat Tanımı	10
3.2 Kalkan Tipi Tahkimat Türleri.....	11
3.2.1 Göçük Sarmasını Destekleyen Kalkanlar.....	12
3.2.2 Tavan Sarmasını Destekleyen Kalkanlar.....	14
3.2.3 Her İki Sarmayı Destekleyen Kalkanlar.....	18
BÖLÜM DÖRT - UZUN AYAK ETRAFINDA OLUŞAN GERİLMELER VE YÜK DAĞILIMI.....	19
4.1 Uzun Ayaklarda Tahkimat Tasarımı.....	23
4.2 Kaya-Tahkimat Etkileşimi Yaklaşımı	27
4.3 Kaya-Tahkimat Etkileşimi Yaklaşımının Şilt Tasarımına Uygulanışı	29
4.4 Kalkan Tasarımı İçin Öneriler	30

BÖLÜM BEŞ - KALKAN TİPİ MEKANİZE TAHKİMAT YÜK ANALİZİ...	32
5.1 Temel Çerçeve	36
5.1.1 En Kötü Koşullarda Yapılan Taşıma Testi.....	36
5.1.2 Arka Kısımının Tamamına Ön Kısımının Yarısına Uygulanan Burkulma Testi.....	39
5.1.3 Ön Kısımının Tamamına Arka Kısımının Yarısına Uygulanan Burkulma Testi.....	42
5.2 Ön Lemniskat Çekme Gerilmesi Testleri	45
5.3 Arka Lemniskat Çekme Ve Gerilme Testleri	46
5.4 Ön Ve Arka Lemniskatlar Yük Altındayken Kalkana Yapılan Çekme Gerilmesi Testi	47
5.5. Ön Ve Arka Kapeye Uygulanan Testler	48
5.5.1 Arka Kape Çekme Gerilmesi Testi.....	48
5.5.2. Arka Kape Burkulma Testi.....	50
5.5.3 Ön Kape Bükülme Testi	52
5.5.4 Ön Kape Burkulma Testi.....	54
BÖLÜM ALTI – SONUÇLAR	56
KAYNAKLAR	57

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Çelik profil, çelik hasır ve kaya saplaması örneği	1
Şekil 1.2 Mekanize tahkimat örneği.....	2
Şekil 2.1 Mekanize tahkimatların sınıflandırılması	6
Şekil 2.2 Çerçeve tipi tahkimat örneği.....	7
Şekil 2.3 Domuzdamı mekanize tahkimat örneği	8
Şekil 3.1 Kalkan Tipi Tahkimat	10
Şekil 3.2 Şilt kapasitelerinin artışını gösteren tarihsel süreç.....	11
Şekil 3.3 Göçük sarmasını destekleyen kalkanlar	12
Şekil 3.4 Hemscheidt firmasının ürettiği göçük sarması üzerinde pencere olan mekanize tahkimat.....	14
Şekil 3.5 Westflia Lunen firmasının geliştirdiği lemniskat bağlantılı dört adet hidrolik direkli kalkan tipi tahkimat	14
Şekil 3.6 İki direkli tavan sarmasını destekleyen kalkan türleri	14
Şekil 3.7 “V” şeklinde direkleri olan kalkan tipi tahkimat	15
Şekil 3.8 Hidrolik direkleri “X” şeklinde yerleştirilmiş kalkan tipi tahkimat.....	15
Şekil 3.9 Lemniskat bağlantısı orta kısımda olan kalkan tipi tahkimat	16
Şekil 3.10 Nikex VHP 730 ve 733 modeli kalkanlar	17
Şekil 3.11 BS 2.1 VH modeli kalkan tipi tahkimat.....	18
Şekil 4.1 Uzun ayak etrafında oluşan gerilmeler	20
Şekil 4.2 Çok dilimli yukardan göçertmeli yöntemle göre gerilme dağılımları	21
Şekil 4.3 Çeşitli formüllerden topuk mukavemeti tahmini karşılaştırması	22
Şekil 4.4 Tahkimat üzerine gelen yatay ve düşey yükler.....	23
Şekil 4.5 Tavan davranışı ve tahkimat yüklemesi.....	24
Şekil 4.6 Taşınabilecek maksimum kazı yüksekliğinin serbest kaya bloğunun direk olarak tahkimatın üzerinde varsayılan duruma göre tasarlanmış tahkimatla olan bağlantısı.....	25
Şekil 4.7 Kaya tahkimat etkileşimi eğrisi	28
Şekil 4.8 Kapanımlar üzerinde kalkan kapasitesinin etkisi.....	29

Şekil 4.9 Bir uzunayakta kaya tahkimat etkileşimi eğrisi üzerinde örtü derinliği ve kazı yüksekliğinin etkileri	30
Şekil 5.1 Yük analizi yapılan kalkan tipi mekanize tahkimat.....	32
Şekil 5.2 Taşıma testi yapılan tahkimat ana ayağı	36
Şekil 5.3 Temel çerçeveye uygulanan sonlu elemanlar analizi sırasında gerilme dağılımı.....	37
Şekil 5.4 Temel çerçevede S690 QL malzemesi kullanılarak yapılan analizler	37
Şekil 5.5 Temel Çerçeve S690 QL teleskop yerleri HARDOX400 malzemesi kullanılarak yapılan analizler.....	38
Şekil 5.6 Burkulma testi yapılan tahkimat ana ayağı.....	39
Şekil 5.7 Temel çerçeveye uygulanan sonlu elemanlar analizine göre gerilme dağılımı.....	40
Şekil 5.8 Temel çerçeve S690 QL teleskop yerleri HARDOX 400 malzemesi kullanılarak yapılan analizler.....	41
Şekil 5.9 Burkulma testi yapılan tahkimat ana ayağı.....	42
Şekil 5.10 Temel çerçeveye uygulanan sonlu elemanlar analizine göre gerilme dağılımı.....	43
Şekil 5.11 Temel çerçeve S690 QL teleskop yerleri HARDOX 400 malzemesi kullanılarak yapılan analizler.....	44
Şekil 5.12 Ön leminiskata uygulanan sonlu elemanlar analizine göre gerilme dağılımı	45
Şekil 5.13 Arka leminiskata uygulanan sonlu elemanlar analizine göre gerilme dağılımı.....	46
Şekil 5.14 Arka leminiskat S690 QL malzemesi kullanılarak yapılan analiz.....	47
Şekil 5.15 Sonlu elemanlar analizine göre gerilme dağılımı	47
Şekil 5.16 Çekme gerilmesi testi yapılan tahkimat arka kapesi.....	48
Şekil 5.17 Arka kapeye uygulanan sonlu elemanlar analizine göre gerilme dağılımı	49
Şekil 5.18 Burkulma testi yapılan tahkimat arka kapesi	50
Şekil 5.19 Arka kapeye uygulanan sonlu elemanlar analizine göre gerilme dağılımı	51
Şekil 5.20 Bükülme testi yapılan tahkimat ön kapesi	52

Şekil 5.21 Ön kapeye uygulanan sonlu elemanlar analizine göre gerilme dağılımı ..53	53
Şekil 5.22 Ön kape S690 QL malzemesi kullanılarak yapılan analiz sonuçları53	53
Şekil 5.23 Burkulma testi yapılan tahkimat ön kapesi.....54	54
Şekil 5.24 Ön kapeye uygulanan sonlu elemanlar analizine göre gerilme dağılımı ..54	54
Şekil 5.25 S690 QL malzemesi kullanılarak yapılan analiz sonuçları.....55	55



TABLULAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 5.1 Tahkimat değerleri	34
Tablo 5.2 Destek direnci verileri.....	34
Tablo 5.3 Şilt yüksekliğine göre X uygulaması	35
Tablo 5.4 X uygulaması daha yüksek bir değer ise kullanılan değerler	35



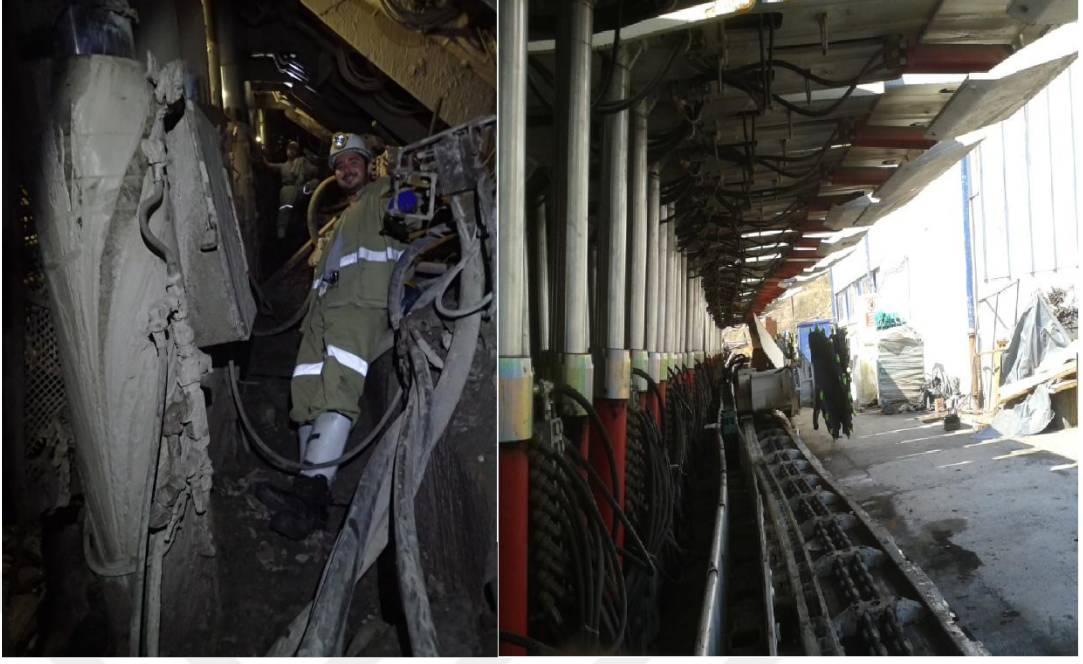
BÖLÜM BİR GİRİŞ

Yeraltı kömür madenciliğinde farklı tip tahkimat türleri kullanılmaktadır. Genel olarak ana galerilerde çelik profiller, çelik hasırlar ve kaya saplamları kullanılmaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Çelik profil, çelik hasır ve kaya saplaması örneği

Kömür üretiminin gerçekleştirildiği, ayak içi diye tabir edilen bölgede ise, ana galerilerde kullanılan tahkimatlardan daha özel ve daha farklı bir tahkimat türü kullanılması daha uygundur. Bu durumun nedeni hem ayak içindeki emniyeti en yüksek seviyede tutmak hem de ayaklardaki ilerleme hızını, buna bağlı olarak da üretim miktarını artırmaktır. Ayak içinde kullanılan bu tür özel tahkimatlara yürüyen (mekanize) tahkimat adı verilmektedir (Şekil 1.2). Mekanize tahkimatlar uzun ayak kömür yöntemiyle üretim yapan kömür madenlerinin çoğunda görülür.



Şekil 1.2 Mekanize tahkimat örneği

Bu tezin amacı, belirli bir kalkan tipi mekanize tahkimat üzerinde yük analizleri yapıp sonuçları değerlendirmektir. Analizler SOLIDWORKS adlı program yardımıyla yapılmıştır.

BÖLÜM İKİ

TAHKİMATIN TANIMI VE TAHKİMAT TÜRLERİ

2.1 Tahkimatın Tanımı

“Tahkimat” belirli yapıları desteklemek, onları tahkim etmek için kullanılan ekipmanlara verilen isimdir. Güncel Türkçe Sözlükte “ Maden yatağında açılan bir kanalın çökmesini önlemek amacıyla yapılan sağlamlaştırma işlemi” diye tanımlanmaktadır (Türk Dil Kurumu sözlük, b.t.). Genel hatlarıyla tahkimat, maden ocağında oluşturulan galeri, kuyu ve üretim yerlerini can ve mal güvenliği bakımında çalışır durumda tutmak için yapılan ağaç, beton veya çelikten üretilen malzemelerdir. Bu malzemelerin belli başlı ortak özellikleri vardır. Yüksek miktarlarda yük taşıyabilmeleri, esnek olmaları ve hem maden açıklıklarında hem de tahkimatın kendi üzerinde oluşan deformasyonlara minimum düzeyde izin vermeleri, bunların başında gelir.

2.2 Tahkimat Türleri

Madencilik alanında iki çeşit tahkim etme yolu vardır. Bunlardan ilki doğal tahkimat, yani kayanın kendini tahkim edebilmesi yoludur. Kaya açıklığında bırakılan topuk sayesinde kaya kendini tutabilir ve başka bir tahkimat sistemine gerek kalmayabilir. İkincisi ise yapay tahkimatlardır. Bu tip tahkimatlar kayanın kendini tahkim edemediği takdirde ona yardımcı olan çeşitli ek düzeneklerle oluşturulur. Madencilikte kullanılan tahkimat türleri kısaca aşağıda verilmiştir;

- Ağaç tahkimatlar
- Çelik Tahkimatlar (trapez, TH vb.)
- Çelik hasırlar
- Kaya saplamları
- Püskürtme Betonlar
- Mekanize (yürüyen) tahkimat

Ağaç tahkimat, ilk madencilik yıllarından günümüze kadar ulaşan bir tahkim çeşididir. Günümüzde yerini çelik tahkimat profilleri almış görünüyor olabilir fakat halen karşılaşılabileceğimiz, ağaç tahkimat kullanan orta ölçekli maden işletmeleri de mevcuttur. Ağaç tahkimatlar nakliyesi, montajı ve işçiliği kolay yapılar olmalarına karşın, mukavemetleri yapısına bağlı olarak değişkenlik gösterir. Ayrıca nemden kolay etkilenmeleri ve bu doğrultuda mantar ve bakteri üretkenlikleri ise bu yapıların büyük dezavantajları olarak gösterilebilir (Tahkimat türleri ağaç tahkimat çelik tahkimat tavan cıvataları, 2015).

Günümüzde yeraltı kömür madenlerinde çelik profiller, çelik hasırlar, kaya saplamaları ve kalkan tipi tahkimatların sıkça kullanıldığı gözlemlenmektedir. Çelik malzeme kullanmanın avantajı fazladır. Çünkü çelik diğer malzemelere göre daha homojen yapıdadır, çeliğe uygun şekiller verilebilir, ağır yükler altında diğer malzemelere göre daha fazla randıman gösterir ve elastisite modülü diğer malzemelere göre daha yüksektir. Bundan dolayı eğilme gibi durumlarda olumlu sonuçlar doğurur. Bunların yanında çelik malzemenin bazı dezavantajları da mevcuttur. Çeliğin pahalı bir malzeme olması ve korozyon etkilerine açık olması bu dezavantajlar arasında gösterilebilir.

Çelik hasırlar, özellikle son yıllarda ülkemizde kullanımı yaygınlaşan bir tahkimat türüdür. Çok geniş kullanım alanına sahiptir. Beton yollarda, tünellerde, istinat duvarlarında ve madencilikte çok önemli bir yere sahiptir. Çelik hasırlar işçilikten tasarruf sağlar, nakliyesi ve montajı kolay malzemelerdir. Plakalar halinde oldukları için kolay istiflenebilirler ve bu sayede yerden de tasarruf edinilir. Bu ve bunun gibi özellikleri çelik hasırlar günümüzde çok fazla tercih edilen tahkimat malzemeleridir.

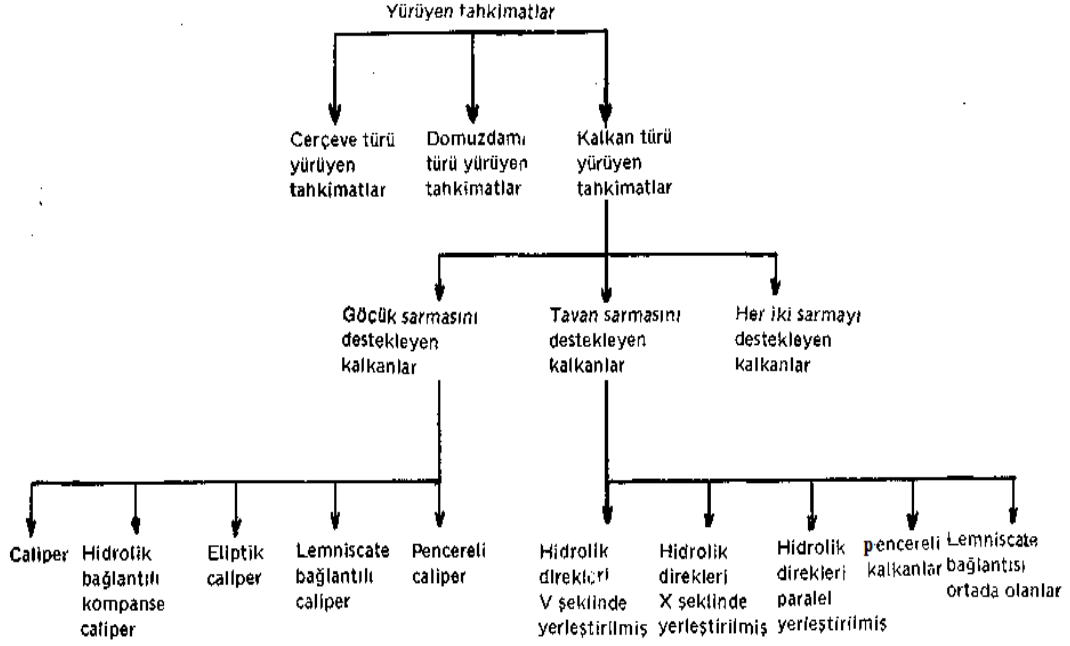
Galerilerdeki duraylılığı sağlamak açısından en önemli tahkimat türü kaya saplamaları olarak gösterilir. Mekanik ankrajlı, dolgulu, birleşik tip, sürtünmeli, kaymalı, tavan kiriş tipi ve çelik halat tipi olmak üzere birçok türü vardır. Kaya saplamalarının kayayı nasıl tahkim ettiği konusunda birçok fikir vardır. Askıya alma, sürtünme yaratma, kiriş oluşturma, doğal kemerlenme, anahtarlama, sıkıştırma, iyileştirme bunlardan bazılarıdır. Fakat ortak görüş; yerli yerinde ve doğru

kullanıldığı takdirde kaya saplamalarının kaya kalitesini yüksek derecede artırdığı yönündedir (Ünal, b.t.).

Bekişoğlu (1993) püskürtme betonu şu şekilde tanımlamıştır; “Püskürtme beton, çok iyi hazırlanmış portland çimentosu, su ve kum karışımından ibaret harcın, basınca dayanıklı lastik veya özel imal edilmiş saç borularla kullanım yerine ileten ve önceden hazırlanmış yüzeye basınç altında püskürtülen betonlardır”. Püskürtme betonların da kullanım alanları oldukça fazladır. Tüneller, baraj ve köprüler, sulama kanalları, yapıların restorasyonu, yeraltı madenleri ve şev stabilizasyonları bunlardan bazılarıdır (Çakıroğlu ve Terzi, 2010).

2.2.1 Mekanize Tahkimatlar

Madencilik, diğer her diğer her bilim dallarında da olduğu gibi, teknolojiye ve çağın gerektirdiklerine ayak uydurması gereken ve bu doğrultuda ilerleyen bir bilim dalıdır. Bu doğrultuda uzun ayak madenciliğinde üretim hızını ve üretim miktarını daha güvenli bir biçimde artırmak ve çağın gerektirdiği koşullarda üretim yapmak için bazı revizyonlara gidilmiştir. Mekanize tahkimatlar bu revizyonların başında gelmektedir. Yirminci yüzyılın ortalarında geliştirilmeye başlanan mekanize tahkimatları gelişme sırasına göre üç başlık altında toplayabiliriz (Şekil 2.1) (Ahıska ve Esen, 1987).



Şekil 2.1 Mekanize tahkimatların sınıflandırılması (Ahıska ve Esen 1987)

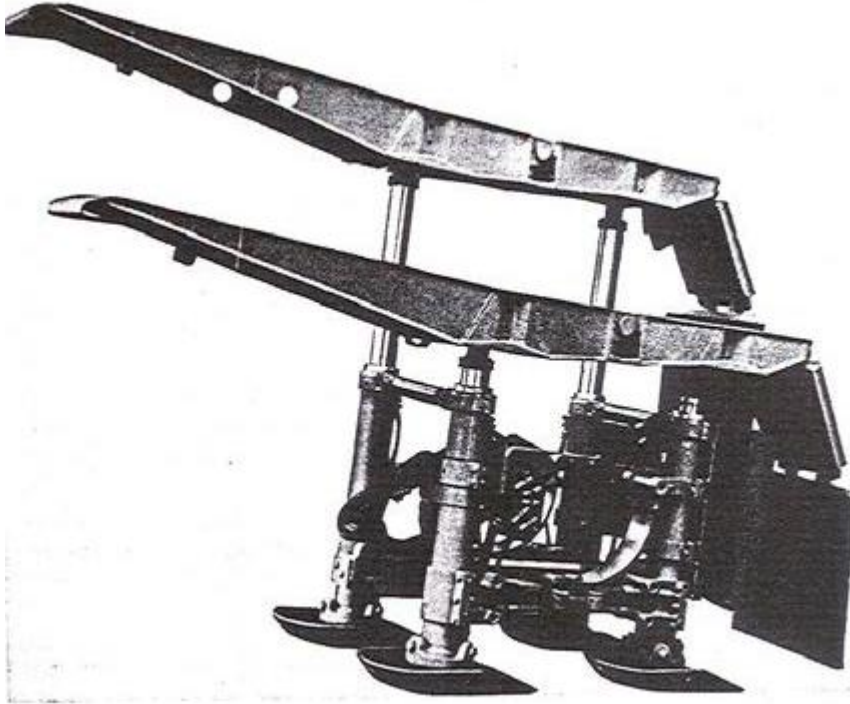
Mekanize tahkimatlar, hidrolik ve mekanik enerji yardımıyla sıkılıp boşaltılan ve bu sayede ilerletilebilen tahkimat türleridir. Mekanize tahkimatlar ayak içerisinde tavanı destekleyerek çalışma sahasını güvende tutarlar. Tavandan taş veya kömür parçalarının çalışanların üstüne düşmesini engellerler. Mekanize tahkimat, uzun ayak ile üretim yapılan diğer kömür madenlerinde kullanılan tahkimat çeşitlerine nazaran daha modern bir tahkimat çeşididir. Çünkü bir tahkimatta olması gereken bütün özelliklere sahiptir. Bu özellikleri kısaca şöyle sıralayabiliriz (Ataman, 1971);

- Taban kabarmasını ve tahkimat elemanlarının tabana gömülmesini önler
- Yalancı tavan ile ana tavanın birbirinden ayrılmasını önleyecek kadar dayanıklıdır
- Ana tavanın inmesine karşı direnç gösterir.

Ayaktaki nakliye işlerini hızlandırır. Şekil 2.1 'de de görüldüğü üzere bir çok çeşit mekanize tahkimat türü vardır. Bunların gelişmesine yardımcı olan üç ana mekanize tahkimat türünü kısaca aşağıda kısaca açıklanmıştır (Ahıska ve Esen, 1987);

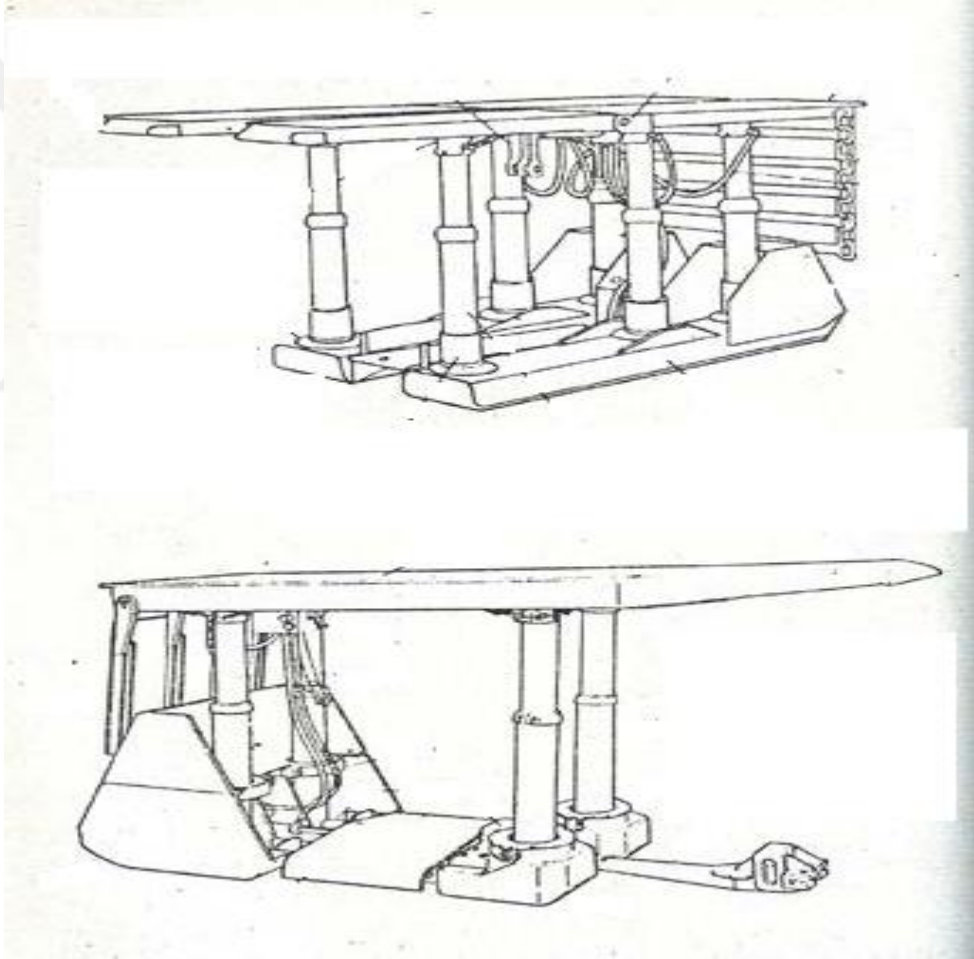
- Çerçeve tipi mekanize tahkimat
- Domuzdamı tipi mekanize tahkimat
- Kalkan tipi mekanize tahkimat

Çerçeve tipi mekanize tahkimatlar yürüyen tahkimatların ilk şeklidir (Şekil 2.2). Tek veya iki sarmayı destekleyen hidrolik direklere sahiptirler. Tabanlarında bir şase bulunur. Eğer çerçeve tipi tahkimatın iki sarmalı varsa, bu sarmallar birbirine mafsal ile bağlıdır. Bunlara ek olarak çeşitli aralıklarla yerleştirilen ayna konveyörü itme ve tahkimat ilerletme düzenekleri mevcuttur. İki sarmalı tipler zayıf tavan taşına sahip olan madenlerde genelde tercih edilmez. Bunun nedeni iki sarma arasında oluşan boşluktan kırılan tavan taşlarının düşebileceği ihtimalidir. Tasarım özelliklerinden dolayı, çerçeve tipi mekanize tahkimat ile tahkim edilen bir ayakta, ayağın toplam tavan alanının neredeyse yarısının tahkimattan faydalanamadığı ve dolayısıyla desteksiz kaldığı yapılan uygulamalar sonucunda belirlenmiştir.



Şekil 2.2 Çerçeve tipi tahkimat örneği (Tahkimat türleri ağaç tahkimat çelik tahkimat tavan civataları, 2015)

Uygulamalardaki eksikliklerden ötürü domuzdamı mekanize tahkimata doğru bir evrimleşme durumu söz konusu olmuştur. Domuzdamı tipi mekanize tahkimatlarda genelde tek ve geniş alanlı bir sarma vardır ve bu sarma dört veya altı adet hidrolik direk ile desteklenmiştir. Çerçeve tipi tahkimatta olduğu gibi domuzdamı tipi tahkimatta da tabanda bir şase bulunur. Tahkimat yürütme ve ayna konveyörü itme ekipmanları bu şaseye bağlıdır. Bu tahkimat modelleri genel olarak düşey gerilmelere karşı iyi bir destek sağlamıştır. Fakat yanıl gerilmelere karşı aynı durum söz konusu değildir. Yanıl basınçlara karşı da direnci artırmak ve ayak arkasındaki göçüğün ayağa olan uzaklığını azaltmak düşüncesi kalkan tipi tahkimatların gelişmesine yardımcı olmuştur.



Şekil 2.3 Domuzdamı mekanize tahkimat örneği (Ünver, 1971)

Kalkan tipi mekanize tahkimat daha çerçeve tipi ve domuzdamı tipi mekanize tahkimatlarda yaşanan sorunlar neticesinde geliştirilen bir tahkimat türüdür. Diğer türlerde göçük hattı ayağın yaklaşık dört metre gerisinde olduğu için ayak arkasının

göçertilmesi işlemi gecikir. Dolayısı ile tahkimat ünitelerine binen yük artar ve bu da tahkimatın deformasyona uğramasını kolaylaştırır. Kalkan şeklinde tasarlanan tahkimatlarla göçüğün ayağın hemen arkasında oluşması sağlanmıştır. Bir sonraki bölümde kalkan tipi tahkimata geniş yer verilecektir.



BÖLÜM ÜÇ

KALKAN TİPİ TAHKİMAT

Özellikle son yıllarda yer altı kömür madenlerinde kalkan tipi mekanize tahkimatlar çok rağbet görmektedir. Bu bölümde kalkan tipi tahkimatlara geniş yer verilecektir.

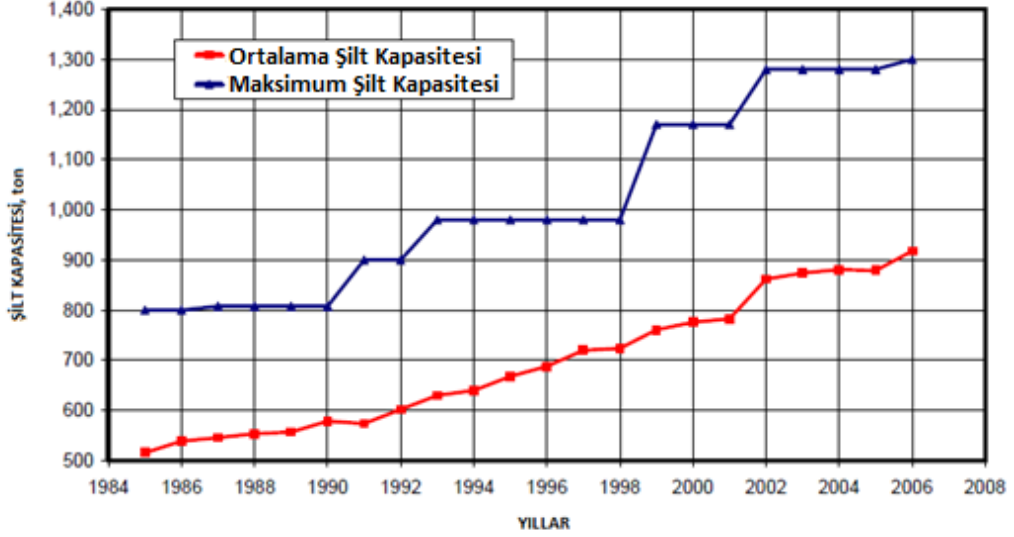
3.1 Kalkan Tipi Tahkimat Tanımı

Uzun ayak yöntemi ile üretim yapılan yeraltı madenlerinde tavan göçüğünü ayağın hemen arkasında oluşturmasını sağlayan, tavan örtüsü ile taban plakası arasında bir çalışma alanı oluşturmaya yarayan, bu alanda üretim, nakliyat vb. işlerin güvenli bir biçimde yapılmasına kolaylık sağlayan, kalkan şeklinde tavanı tutan plakaya monte edilmiş hidrolik direklerden oluşan tahkimat türüne kalkan tipi tahkimat denir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Kalkan Tipi Tahkimat

Temel şilt tasarımı başlangıcından bu yana küçük küçük değişimlere uğramıştır. Birincil değişim, şilt kapasitesinde istikrarlı bir artış olduğunu ve dolayısıyla daha büyük ve geniş hidrolik silindir ve tahkimat yapılarına ihtiyaç olduğu sonucu ortaya çıkmıştır (Fiscor, b.t.). Şekil 3.2’de bu durumu gösteren bir grafik görülmektedir.



Şekil 3.2 Şilt kapasitelerinin artışını gösteren tarihsel süreç (Fiscor, b.t.)

Günümüzde kullanılan kalkan tipi tahkimatlar çok çeşitlilik göstermektedir. Bu çeşitliliğin nedenleri arasında kömür damarı ile yan kayaçların durumu ve yapısına bağlı olarak; en hızlı, en güvenli ve en verimli şekilde kömürü üretebilmek birinci sırada gösterilebilir.

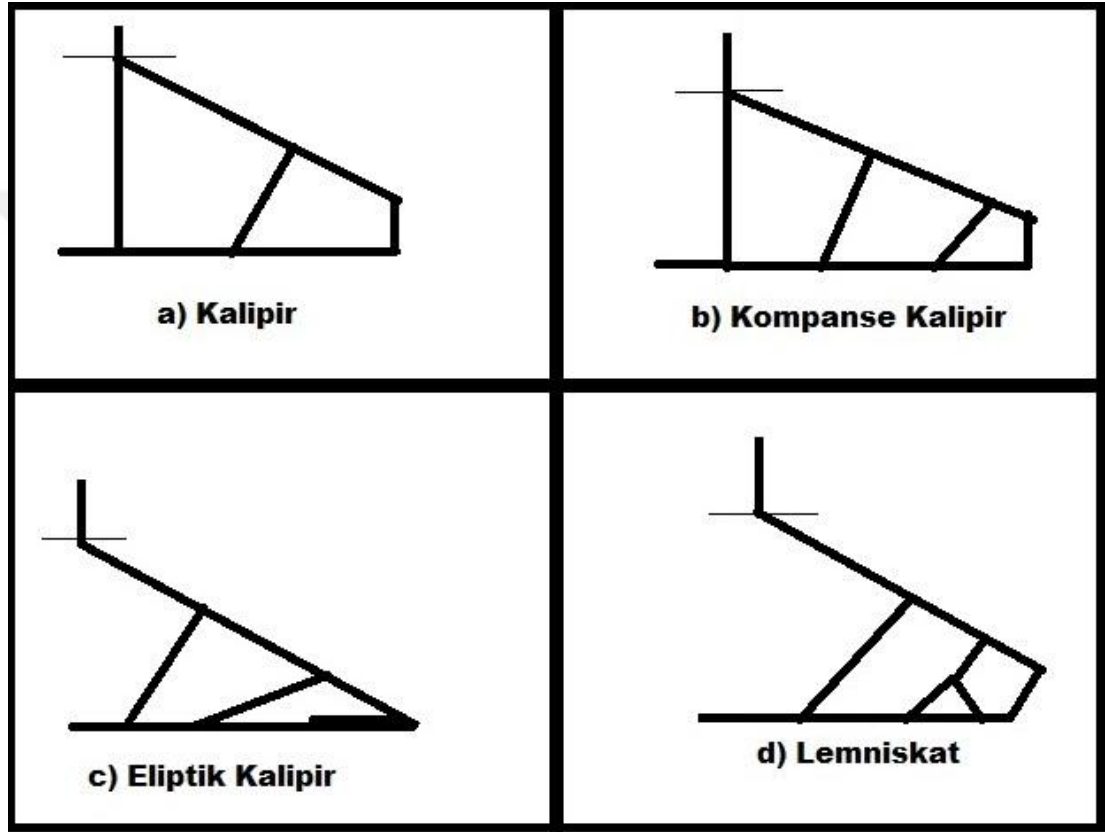
3.2 Kalkan Tipi Tahkimat Türleri

Hidrolik direklerin destek olduğu sarmalara göre bu tahkimat türlerini üç başlık altında toplayabiliriz (Ahıska ve Esen, 1987).

- Göçük sarmasını destekleyen kalkanlar
- Tavan sarmasını destekleyen kalkanlar
- Her iki sarmayı destekleyen kalkanlar

3.2.1 Göçük Sarmasını Destekleyen Kalkanlar

Bu türün ilk modeli göçük sarmasını destekleyen kalkanlardır. Göçük sarması ile tavan sarması birbirine bir mil yardımı ile bağlanmıştır. Göçük sarması ile taban şasesi arasındaki bağlantı şasenin arka ucuna mafsallı olacak şekilde tasarıma sunulmuştur.



Şekil 3.3 Göçük sarmasını destekleyen kalkanlar (Ahıska ve Esen, 1987)

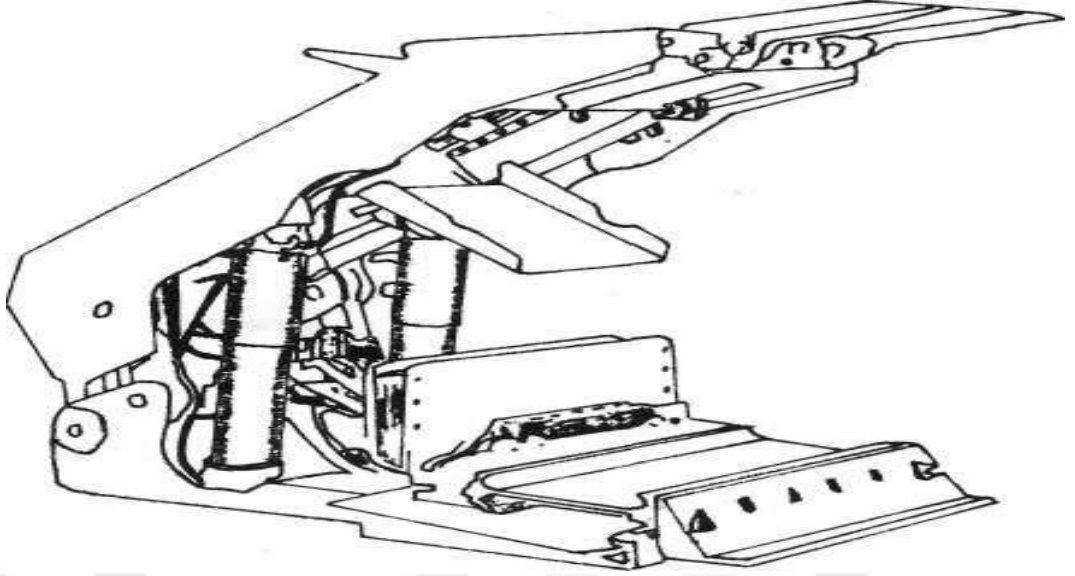
Göçük sarmasını destekleyen kalkanlar genel itibari ile dayanıklı ve sağlam tavan koşullarında çok iyi tahkim özelliği gösterirler. Bunun nedeni, sağlam olmayan tavandaki kırılma çizgisi göçük-tavan sarması bağlantı noktasının ön tarafında oluşur. Dolayısıyla desteksiz olan tavan sarmasının yük taşıyabilme fonksiyonu tamamı ile ortadan kalkar. Bu durum tahkimatın yük taşıma fonksiyonunu da ortadan kaldırır. Tahkimat yükselirken tavan sarması belirli bir şekilde hareket eder. Tahkimatın yük altındaki durumu sırasında tabandaki şase ve tavan sarması arasında da bu hareket ile aynı uyumlulukta bir hareket söz konusudur. Bu hareketler

neticesinde şasede veya sarmada geriye ya da ileriye doğru bir hareket (kayma) gözlenir. Bu hareket bir noktada dengelenebilir ve çok yüksek tavan gerilmeleri sarma bağlantı pimlerini kırabilir. Bunlar çok önemli durumlardır. Bu durumları en aza indirmek için belirli işlemler yapılabilir. Bu işlemlerden bazıları şunlardır (Ahıska ve Esen, 1987);

- Belirli noktalarda oluşan gerilmelere bir sınır koymak (Hidrolik direk bağlantılı kalipir ile bu durum sağlanabilir) (Şekil 3.3-a).
- Göçük sarması ile tavan sarmasının birbirine bağlandığı noktanın kırılma çizgisine daha da yaklaştırmak (Eliptik kalipir ile lemniskat bu duruma olumlu sonuç vermiştir) (Şekil 3.3 –c-d).

Lemniskat türü kalkanlar toplam taşıma kapasitesinin yüzde seksenbeşine kadar yük taşıyabilirler. Kalipir türü kalkanlarda bu durum yüzde yetmişlere kadar düşer. Bu durum kalipir türü kalkanları çok büyük gerilmelerde yüksek bükülme kuvvetine maruz bırakır. Bunu engellemek için kalipir türü kalkanlar kalın saclardan üretilir. Dolayısı ile kalipir türü kalkanların çok ağır ekipmanlar olmaları kaçınılmazdır. Ayrıca tavan sarmaları kısadır. Dolayısıyla da tavan açıklığı çok dardır.

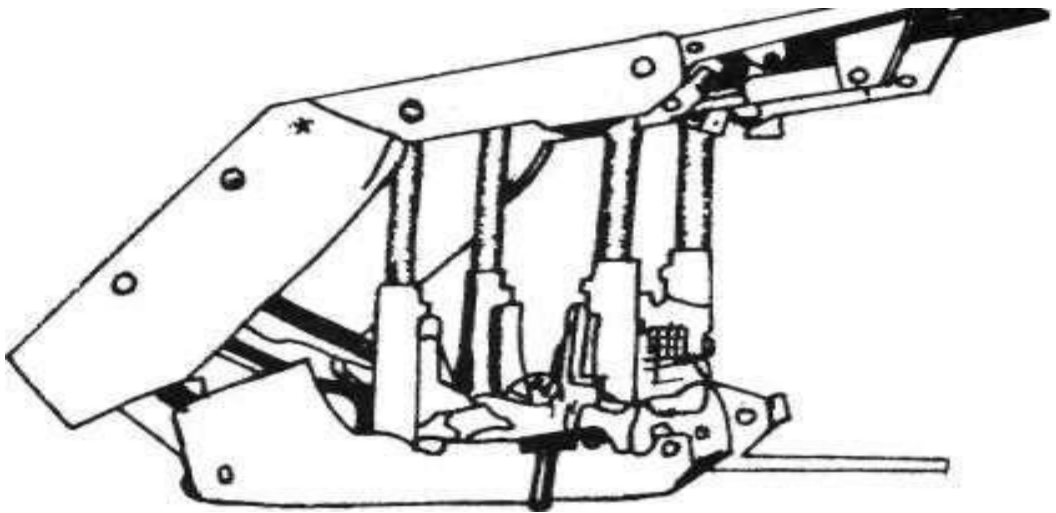
Kalın damar diye tabir edilen kömür damarlarında, tavan kömürünün yukarıdan alınabilmesi için, göçük sarması destekli kalkanlarda bu sarma üzerine bir pencere eklenmiştir. Pencere kalipir türü kalkan tahkimatları bu şekilde ortaya çıkmıştır. Hemscheidt firması 320-20/30 modeli ile bu tasarımı ilk defa hayata geçiren firmadır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Hemscheidt firmasının ürettiği göçük sarması üzerinde pencere olan mekanize tahkimat (Ahıska ve Esen,1987)

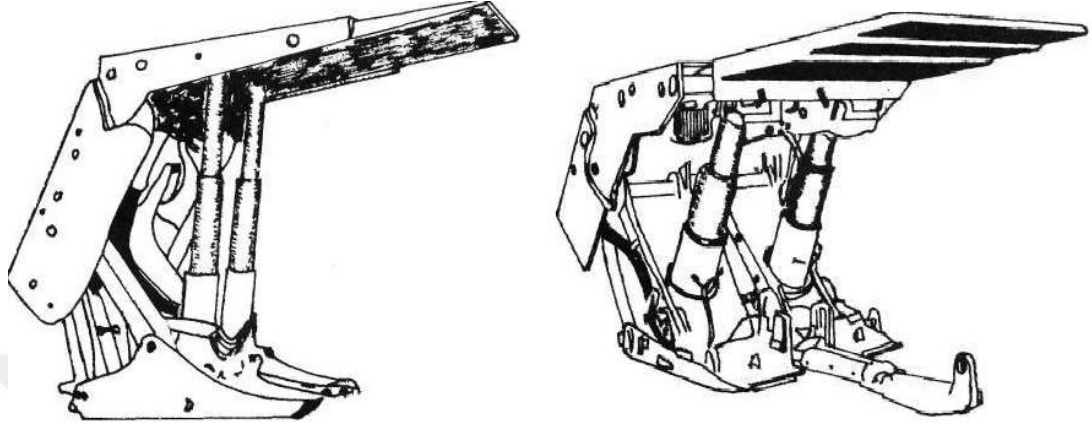
3.2.2 Tavan Sarmasını Destekleyen Kalkanlar

İlk defa 1972 yılında Westfalia Lunen firması tarafından geliştirilmeye başlanmıştır. Lemn'scate (lemniskat) bağlantılı olan bu kalkanda dört adet hidrolik direk birbirine paralel olacak şekilde ve neredeyse tavan sarmasına dik bir biçimde yerleştirilmiştir (Şekil 3.5).



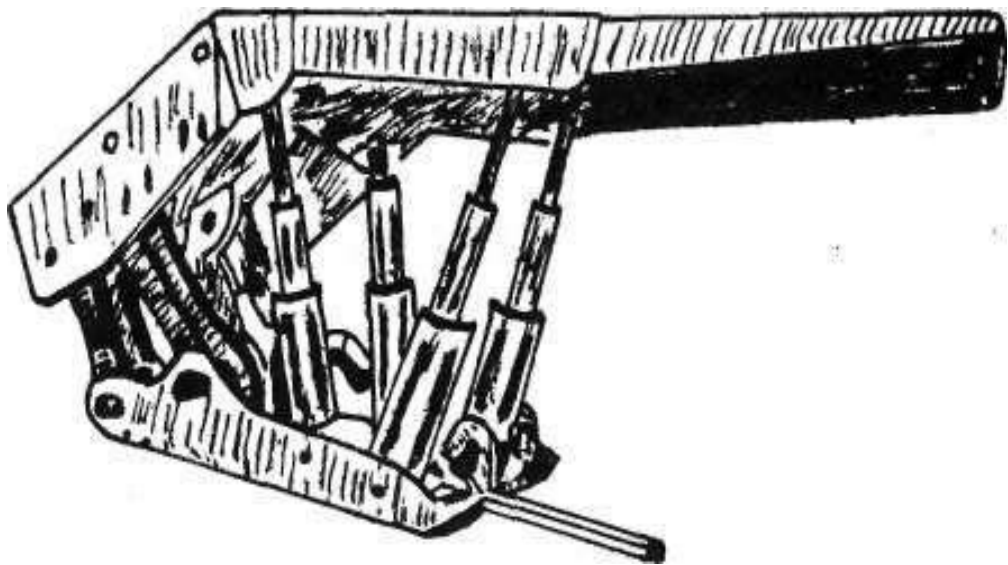
Şekil 3.5 Westfalia Lunen firmasının geliştirdiği lemniskat bağlantılı dört adet hidrolik direkli kalkan tipi tahkimat (Ahıska ve Esen,1987)

Daha sonraları tavanın ve ayağın koşullarının uygun olduğu durumlarda kullanılmak üzere iki hidrolik direkli modelleri de üretilmiştir (Şekil 3.6.)



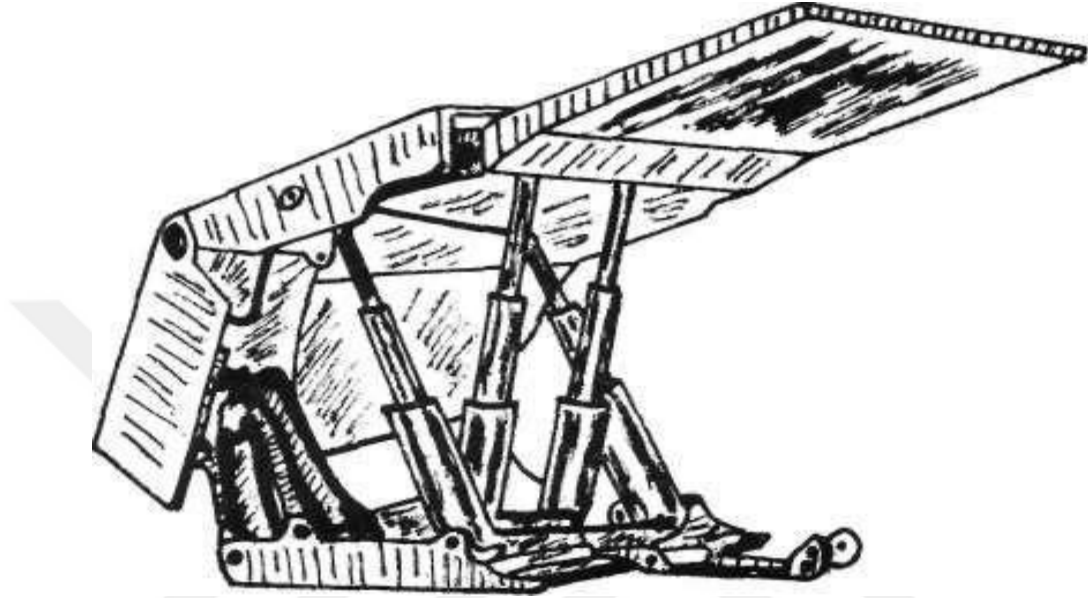
Şekil 3.6 İki direkli tavan sarmasını destekleyen kalkan türleri (Ahıska ve Esen,1987)

Bu türlerin yanında direkleri “V” şeklinde yerleştirilmiş tahkimatlar da vardır (Şekil 3.7). Bu tür tahkimatlarda insan ve hava geçişinin kolay olması baz alınmıştır. Metan içeriğinin yüksek olduğu ocaklarda, ayak içindeki metan yoğunluğunu azaltmak için daha fazla havaya ihtiyaç duyulur. “V” şeklinde direkleri olan kalkan türleri bu ocaklar için çok uygundur.



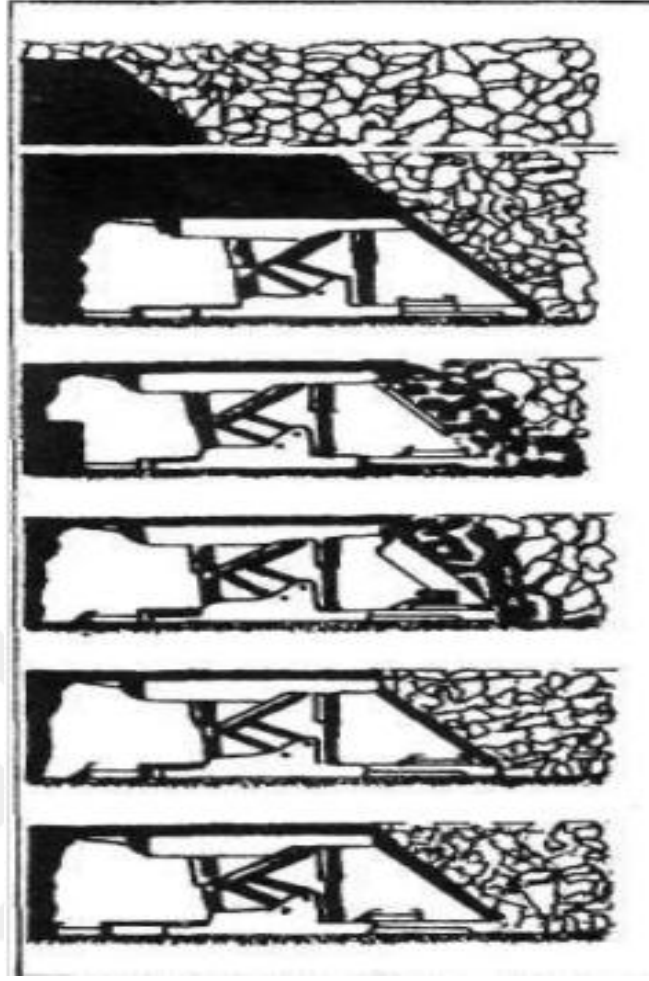
Şekil 3.7 “V” şeklinde direkleri olan kalkan tipi tahkimat (Ahıska ve Esen,1987)

Hava geçişinin ve ayak içinde serbest alana fazla ihtiyaç duyulmayan ocaklar da mevcuttur. Bu tarz ocaklarda hidrolik direkleri “X” Şeklinde yerleştirilmiş kalkan tipi tahkimatlar tercih edilebilir (Şekil 3.8). Bu sayede tahkimatın boyutları ve dolayısıyla da toplam ağırlıkta azalma meydana gelir.



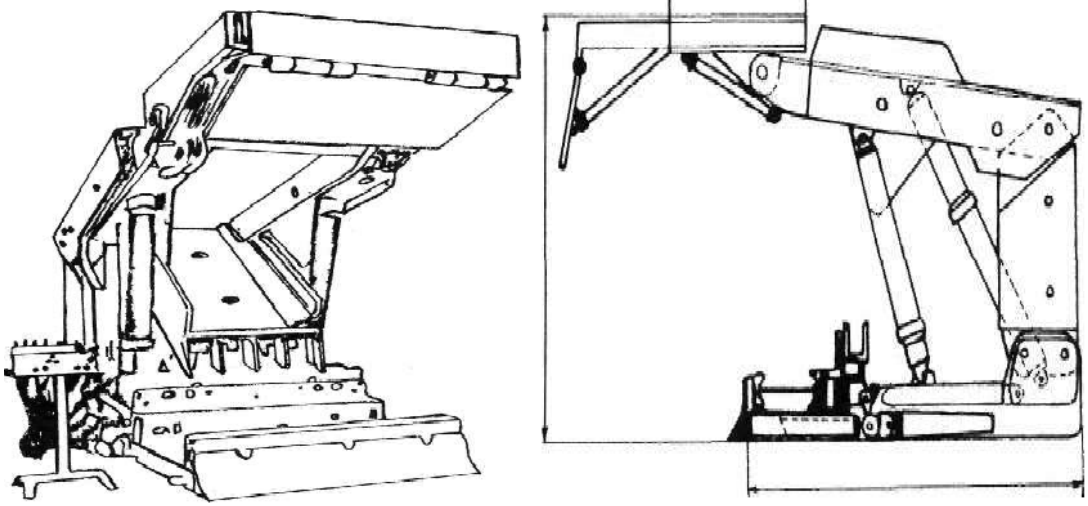
Şekil 3.8 Hidrolik direkleri “X” Şeklinde yerleştirilmiş kalkan tipi tahkimat (Ahıska ve Esen,1987)

Bu tarz tahkimatların genelinde lemniskat bağlantısı bloğun arka kısmındadır. Bazı özel durumlarda bu bağlantı bloğun orta tarafına monte edilebilir. İlerlemeli uzun ayak yöntemiyle iŐletilen ve ayağın arka kısmına tamamıyla ramble uygulaması yapılan ve arkada kalan kömürü konveyör yardımıyla almak durumunda kalan ocaklarda bu uygulama yapılabilir. Hemscheidt firması 5100-19/28 modeli ile bu tür tahkimat üniteleri tasarlamıŐlardır (Şekil 3.9)



Şekil 3.9 Lemniskat bağlantısı orta kısımda olan kalkan tipi tahkimat (Ahıska ve Esen,1987)

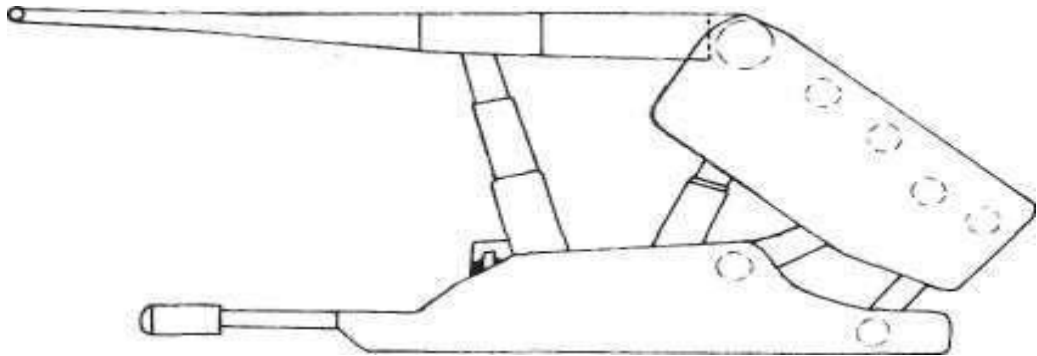
Macaristan'da kalın damarlar için Vezsperm kömür havzasında pencereli kalkanlar geliştirilmiştir. Nikex VHP 730 ve 733 modeli kalkanlar bu tarz kalkanlara örnek verilebilir (Şekil 3.10). Dört adet hidrolik direk kullanılan bu kalkanda, direklerin iki tanesi tavan sarmasının altına ve öne doğru eğimli olarak, diğer ikisi de sarmadaki pencere hareketini sağlamak için oluğun altına yerleştirilmiştir. Tavandan kırılan kömür bu pencere yardımıyla direk olarak ayak içi konveyörüne gelmektedir. Böylelikle tavan kömürü de alınmış olur ve arka konveyöre ihtiyaç kalmaz.



Şekil 3.10 Nikex VHP 730 ve 733 modeli kalkanlar (Ahıska ve Esen,1987)

3.2.3 Her İki Sarmayı Destekleyen Kalkanlar

Hem göçük sarmasını hem de tavan sarmasını destekleyen kalkan tipleri, tavan gerilmelerinin çok yüksek olduğu ayaklar için idealdir. Her iki sarmayı destekleyen kalkan tiplerinin ağırlık merkezi göçük sarması ile ana sarma bağlantı çizgisine yakındır. Bu durumda hassas bölgede aşırı yük oluşur. Bu aşırı yükün azaltılması göçük sarmasını tutan hidrolik direklerin öndeki direklere nazaran daha az gerilme uygulanmasıyla mümkündür. Bu tarz bir örneği Westfalia Lünen firmasının BS 2.1 VH modelinde görebiliriz (Şekil 3.11).

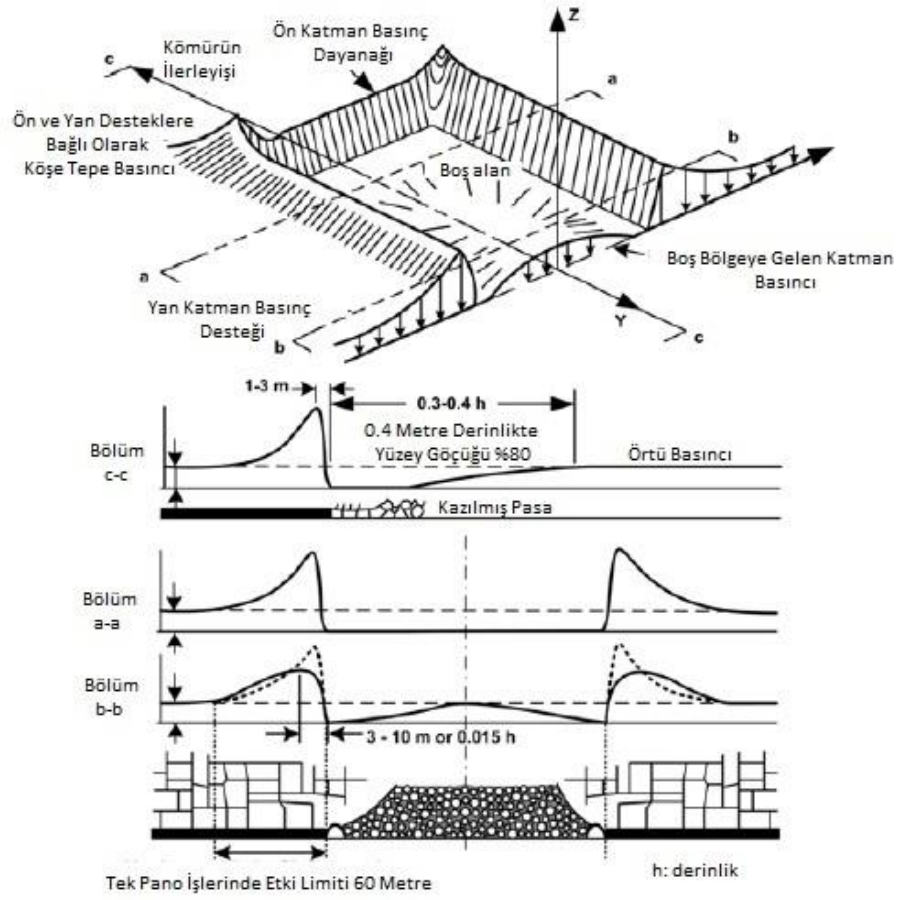


Şekil 3.11 BS 2.1 VH modeli kalkan tipi tahkimat (Ahıska ve Esen,1987)

BÖLÜM DÖRT

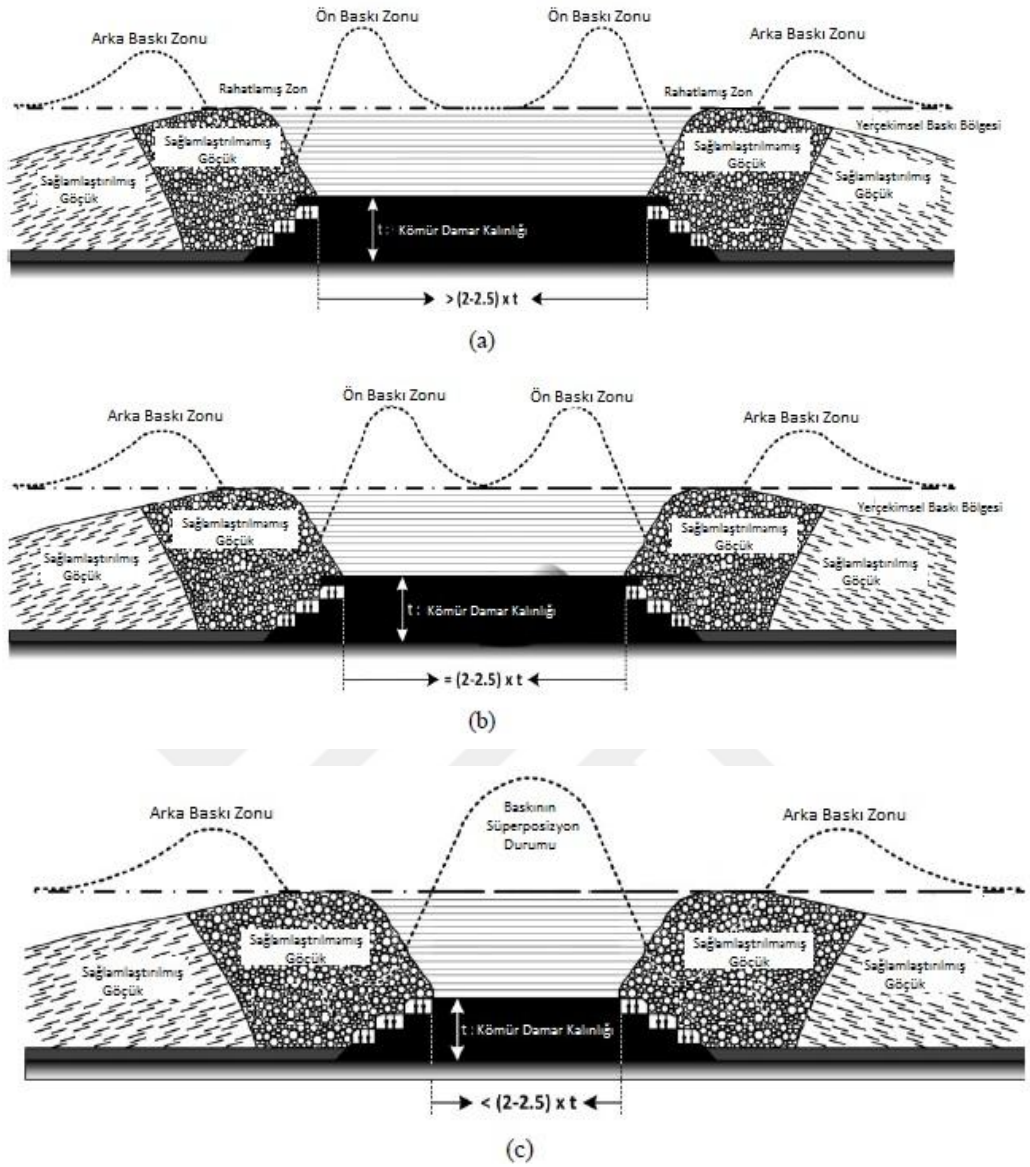
UZUN AYAK ETRAFINDA OLUŞAN GERİLMELER VE YÜK DAĞILIMI

Ülkemizde bulunan yer altı madenlerinde kömür üretimi uzun ayak yöntemi ile gerçekleştirilmektedir. Genel olarak bu madenlere bakıldığında kömürün kalın bir damar ile ilerlediği görülür. Uzun ayak madenciliğinde, kalın damarlı kömür madenlerinde kömürün bir kısmı ayak içi dediğimiz bölgede kazı veya delme-patlatma işleri ile üretilirken yukarıda kalan kısım göçertilerek elde edilir. Göçertilen kömür, ya tahkimatlarda mevcut olan pencereler yardımıyla ayak içindeki konveyöre aktarılır ya da tahkimatların arkasındaki konveyör yardımı ile alınır. Kömür damarının kalınlığına bağlı olarak yukarıdan göçertmeli üretim yöntemi tek dilim veya birden çok dilim olarak yapılabilir. Kömürün kalınlığı yüksek olduğundan kazı esnasında ve kazı yapıldıktan sonra etrafında ve üzerinde önemli baskılar meydana gelir. Bu baskıların büyüklüğü kömür tabakasının kalınlığına ve tabakaların sınır açılmasına bağlıdır (Aksoy ve diğer., 2004). Yüzeyle gelen bu baskıları analitik yollarla hesaplamak mümkündür. Şekil 4.1 'de uzun ayak etrafında oluşan gerilmeler gösterilmektedir (Whittaker ve Paşamehmetoğlu, 1981).



Şekil 4.1 Uzun ayak etrafında oluşan gerilmeler (Whittaker ve Paşamehmetoğlu, 1981)

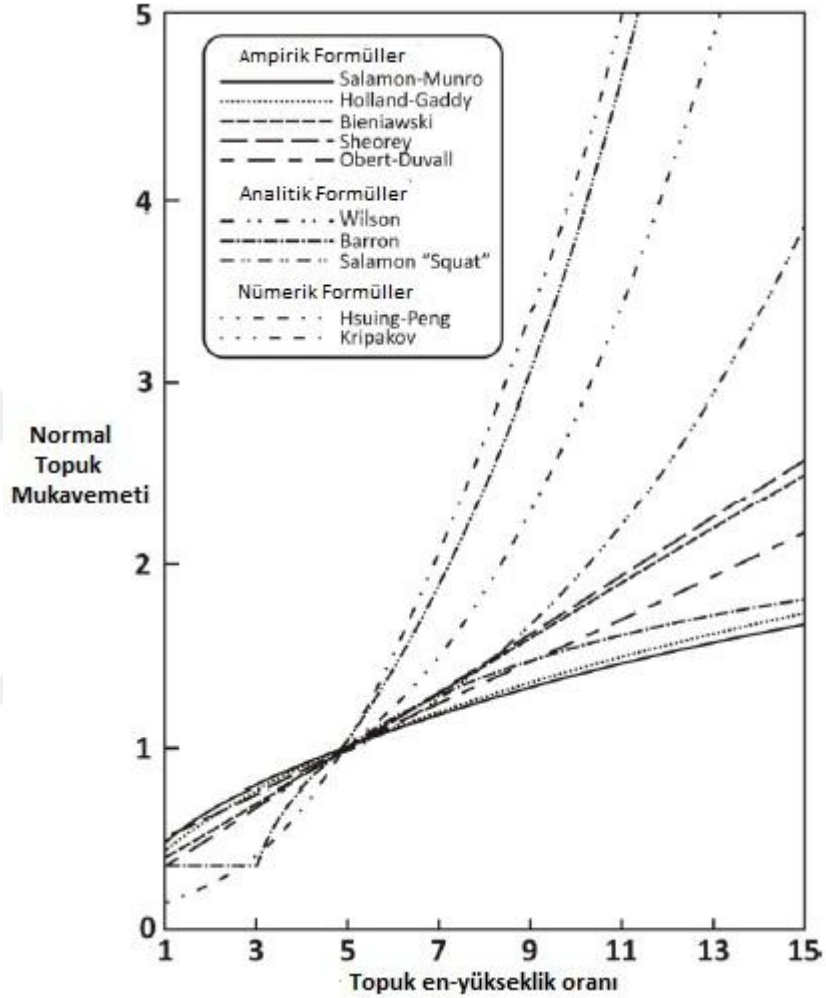
Şekil 4.1’de görüldüğü gibi, baskılar uzun ayağın ön bölgesinde maksimum seviyeye ulaşmaktadır (1-3 m). Sonrasında ilk baskı haline dönmesi uzun ayağın yaklaşık 60-80 metre gerisinde olur. Ön desteklerin ve örtü baskısının olduğu noktanın arasındaki göçük bölgesinde bir rahatlama zonu oluşur. Tek dilim olarak çalışan yukardan göçertmeli uzun ayak yönteminde durum budur. Birden fazla dilim ile çalışan ocaklarda da durum pek farklı değildir. Şekil 4.2 (a)’da birden fazla dilim ile çalışan uzun ayakların etrafında oluşan gerilmeler gösterilmektedir. Bu durumda ön destek baskıları aynadan daha ileridedir. Şekil 4.2 (b) ‘de her panel boyunca ilerleyen baskıları ve ana galerilerin konumları görülmektedir. Şekil 4.2 (c) ‘ de ise bu durumda pano boyunca oluşan baskıların birbirine yaklaşmasını ve ana galerilerdeki deformasyonları örnekleyen bir çizim verilmiştir (Aksoy ve diğer., 2004).



Şekil 4.2 Çok dilimli yukardan göçertmeli yöneme göre gerilme dağılımları (Aksoy ve diğer., 2012)

Uzun ayak madenciliği ile üretim yapılırken göz önünde bulundurulması gereken önemli konulardan bir tanesi de bırakılan topuktur. Topuk dizaynı doğru madencilik, üretim ve güvenlik açısından çok önemlidir. Genel topuk tasarımı üzerine yapılmış yayınlar ve literatür incelendiğinde, farklı araştırmacıların topuk tasarım teorilerini görebiliriz. Bu yaklaşımlar şu şekilde gruplanır (Mark ve Iannacchione, 1992),

- Ampirik yaklaşımlar
- Mekanik temelli yaklaşımlar
- Nümerik modelleme yaklaşımları

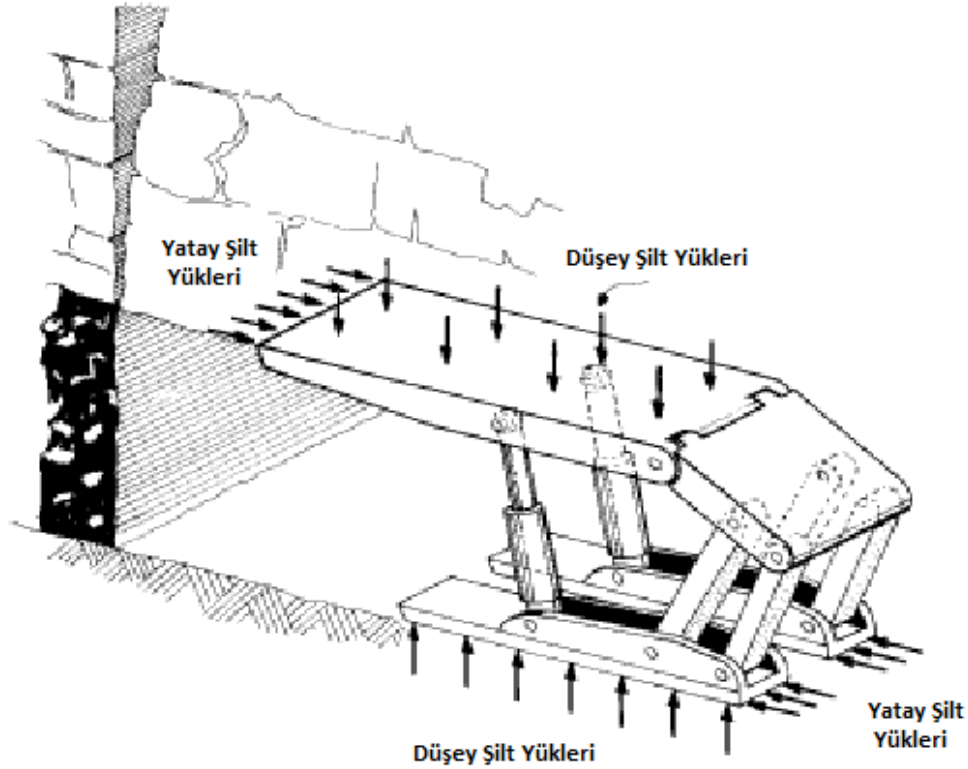


Şekil 4.3 Çeşitli formüllerden topuk mukavemeti tahmini karşılaştırması (Mark ve Iannacchione, 1992)

Ampirik yaklaşımlar hem kömür örneklerin kapsamlı laboratuvar testleri sonuçlarına hem de daha önceki topuk deneyimi davranışlarının istatistiksel analiz sonuçlarına bağlı olarak oluşturulur. Yakın geçmişte nümerik yaklaşımlar ile yapılan topuk tasarımları büyük bir ivmelenme kazanmıştır (Mark ve Iannacchione, 1992). Nümerik modelleme tekniğinin çok daha etkin ve verilere bağlı olarak gerçeğe çok daha yakın sonuçlar elde edilen bir teknik olduğu kanıtlanmıştır (Peng 1986, Kripakov 1981).

4.1 Uzun Ayaklarda Tahkimat Tasarımı

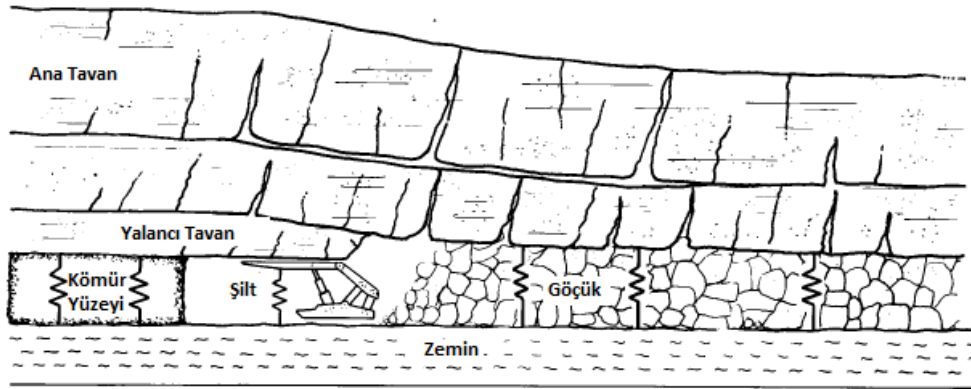
Uzun ayaklarda tahkimat seçimi ve tasarımı genel olarak panolar oluşturulurken katmanların deformasyon davranışına göre yapılır. Bu katmanlardaki deformasyonlar tavan ve taban jeolojisinin sertliğine, kalınlığına ve duraylılığına çok büyük ölçüde bağlıdır. Uzun ayağa kurulan tahkimatlar ayak tavanının kapelere temas eden yüzeylerinde ve tahkimat tabanının yere temas eden yüzeylerinde bu deformasyonlara yanıt olarak bir yük geliştirir. Yalancı tavan normal kaya kütesinden daha zayıftır ve tahkimat ilerledikten sonra çöker. Bu tahkimat ocak tavanından ayrılan ve kömür veya göçükle desteklenmeyen bu yalancı tavanın ağırlığını taşımak zorundadır. Katman hareketleri nedeniyle hem yatay hem de düşey yükler tahkimata yüklenir. Şekil 4.4'de bu yükler gösterilmiştir (Barczak, 1992)



Şekil 4.4 Tahkimat üzerine gelen yatay ve düşey yükler (Barczak, 1992)

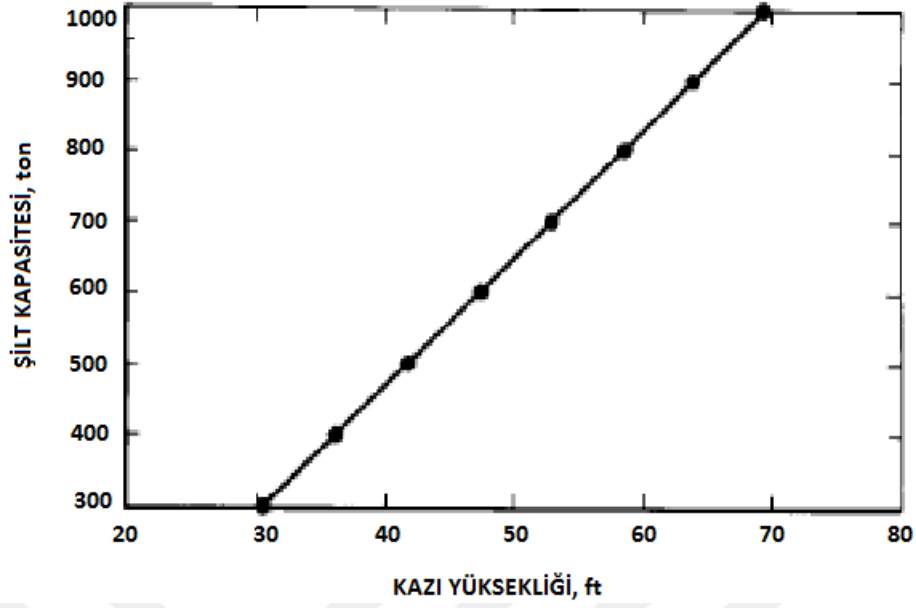
Şekil 4.5'de ayaklarda tavan davranışı ve tahkimat yüklemesi örneği gösterilmiştir. Sadece kullanılan tahkimata bütün yükü bindirmek doğru değildir.

Kömür tabakası ve göçük de tahkimata yardımcı unsurlardır. Genel olarak bakıldığında, kömür tabakasının, tahkimatın ve göçüğün üzerine gelen yük miktarları bu destek elemanlarının dayanımlarına bağlı olarak dağıtılır. Katman kontrolü açısından bakıldığında, şilt dayanımı kömür ve göçük dayanımından bir derece daha az olduğu kabul edilmelidir ki bu da asıl tahkim yapan elemanın şilt olmadığına bir kanıttır (Barczak ve Oyler, 1991).



Şekil 4.5 Tavan davranışı ve tahkimat yüklemesi (Barczak, 1992)

Genel anlamda gerekli olan tahkimat kapasitesi göçük bölgesinin yüksekliği ile belirlenir. Tahkimatın ilerlemesiyle birlikte, örtü yükü sayesinde kırılan yalancı tavanın üstteki kaya kütesinden ayrılarak tahkimat arkasında toplanır. Böylece göçük bölgesi oluşur. Kazı sırasında, bu yalancı tavan katmanını kömürün oluşturduğu boşluğu doldurup o bölgeyi desteklemek için kullanılırlar. Bu göçük yüksekliği genellikle zayıf yalancı tavan jeolojisi için madencilik yüksekliğinin yaklaşık 4 ile 6 katı arasında değişim gösterir. Daha sert ve yoğun yalancı tavan jeolojisine sahip bölgeler, tavan kırıldığında ayna arkasında daha az hacim kaplarlar. Dolayısıyla daha fazla tavanın kırılması ve o bölgenin doğal olarak desteklenmesi gerekir. Bu durumda göçük yüksekliği madencilik yüksekliğinin 12 katına kadar çıkabilir. En kötü yükleme koşullarında, göçük bölgesindeki bütün kaya kütesi şilt tarafından taşındığı kabul edilir. Bu durum aşırıya kaçmayan bir tahkimat tasarımı oluşturur. Şekil 4.6'da maksimum kazı yüksekliğine karşılık tahkimatın taşıma kapasitesini gösteren bir grafik verilmiştir. Tahkimatın üzerindeki kaya kütesinin yüksekliği 15 ft, genişliği 5 ft, kazı açısı tahkimatla dikeyde 30 derecelik açı yapmış ve yoğunluğu 165lb/ft³ olarak kabul edilmiştir.



Şekil 4.6 Taşınabilecek maksimum kazı yüksekliğinin serbest kaya bloğunun direk olarak tahkimatın üzerinde varsayılan duruma göre tasarlanmış tahkimatla olan bağlantısı (Barczak, 1992)

Bununla birlikte yalancı tavadaki yalın kaya kütlelerine etki eden yerçekimi yükü genelde şilte uygulanan tipik bir yük değildir. Çoğu durumda yalancı tavan duraylılığını korur ve giriş olarak görev alır. Şilt yalancı tavanın sapsmasına ve ana tavanın deformasyonlarına karşı olarak bir destek görevi görür. Tahkimatın amacı bu katmanlardaki deformasyonları önlemek değildir. Yalancı tavanın duraylılığını korumak için gerekenden fazla bir destek kullanmanın bir gerekliliği yoktur. Tahkimat üzerindeki kemerlenme bölgesini taşır. Tahkimatın bu katmanlarla olan etkileşimleri, tasarım için aşağıdaki şartları gerektirmektedir (Barczak, 1989).

- Göçük ya da kömür tarafından desteklenmeyen yalancı kaya kütlesi için yeterli kapasite
- Hidrolik silindirlerdeki aşırı esnemeyi önlemek için kaya kütlelerinin sertliği ile uyumlu düşey hidrolik silindirler kullanmak ve hidrolik verim kapasitesi
- Katmanların bütünlüğünü tehdit eden yer değiştirmelere karşı direnç sağlamak için sağlam tahkimat yapısı
- Eksantrik temas koşullarında oluşabilecek ayna hattına paralel yüklemeye karşı dengeyi korumak için yeterli yanal sertlik uygulamak ya da eğimli damar işlemi

- Ayak kuvvetlerini etkili bir şekilde dağıtmak ve daha fazla kırılmayı önlemek için taban ve tavan ara yüzünde yeterli taşıma alanları oluşturmak
- Tavan malzemesinin çalışma alanına tehlikeli bir şekilde gelmesini önlemek için tavan ve göçük korumaları
- Tavan ve tabanda kurulan tam ve kısmi temas konfigürasyonları altında dikey ve yatay katman yer değiştirmeleri ile indüklenen yük koşulları için elastik tepki sağlamak üzere tasarlanmış yapısal bileşenler tasarlamak. Kritik yük koşullarından kaçınmak için iyi tasarlanmış düzenekler kullanılmalıdır.
- Çalışma yüksekliğindeki değişiklikleri kaldırabilecek kadar yeterli yer kontrolünü sağlayabilme. Tahkimat kapasitesi ve duraylılığındaki değişiklikler ve kapeler ile tabandaki yük dağılımı operasyon yüksekliğinin bir fonksiyonu olarak tanımlanmalıdır.

Bazı durumlarda tahkimat kapasitesi ve büyüklüğü birbirine bağlantılı olmasına rağmen daha büyük daha iyidir (bigger-is-better) denildiğinde kastedilen tahkimat kapasitesidir (Barczak ve Tadolini, b.t). Yüklemin kontrollü olduğu hallerde amaç, kayadan gelen yükleri dengeleyici yeterli tahkimat kapasitesini oluşturmak ve kaya kütlelerinin dengelenmesini sağlamaktır. Tam tersine yer değiştirmelerin kontrollü olduğu yüklemelerde ise kayanın hareketi tahkimat tarafından etkilenmez ve tamamen kontrol edilebilir değildir. “Bigger-is-better” (daha büyük daha iyidir) yaklaşımında, tahkimatın özellikleri ile kayanın yüke verdiği tepkiyi eşleştirmek asıl hedeftir. Devasa tahkimat kapasiteleri ile kaya kütleleri yüklerinin üstesinden gelmek veya bunu denemek dahi bu yaklaşımın amaçlarından biri olamaz. Kalkan tipi tahkimat tasarımında dikkat edilmesi gereken kilit noktaları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz (Barczak ve Tadolini, b.t);

- **Silindir çapının artması ile büyüyen kapasite:** Yaklaşım, şilt kapasitesinin arttığı durumda, şiltin yük taşıma kapasitesini sınırlayan aynı yenilme stresini sürdürebilmek için silindirlerin çapının da her zaman artırılması gerektiğini söyler.
- **Kapasiteyle doğru orantılı olarak şilt rijitliği artar:** Yaklaşım kapasitenin artmasıyla birlikte artan silindir çapının, dikey yönde şiltin rijitliğini de

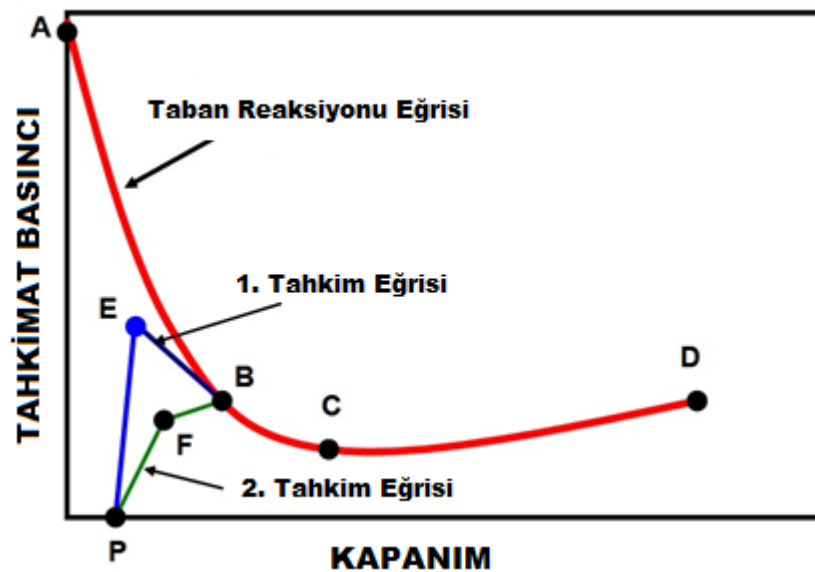
arttırdığını söyler. Bunun anlamı ise daha yüksek kapasiteli şiltlerin, daha düşük kapasiteli şiltlere göre aynı tabandan tavana kapanım miktarı için daha fazla yük taşıyacağıdır. Göçük sarması lemniskatları dikey yönde bir sağlamlığa sahip olmadığı gibi şilt kapasitesine de katkıda bulunmaz. Şiltin rijitliği silindir uzama ve kısalmalarının bir fonksiyonudur (günümüzde tüm şilt tasarımları iki kademeli dizayn edilmiştir). Genellikle silindirlerin uzatılmasıyla artan ayna yüksekliği şilt sağlamlığını azaltır.

- **Kurulum yükü şilt sağlamlığını arttırmaz:** Kurulum yükü maden taban ve tavanına etkin bir kuvvet sağlar ancak şilt sağlamlığını değiştirmez. Bu yüzden şiltin kurulum yüküne bakmaksızın yük durumuna göre kapanımlara olan tepkisi, en azından aynı çalışma yüksekliği ve silindir uzamaları için her zaman aynı olacaktır.
- **Kape ve temel çerçeve stres dağılımı her zaman aynı değildir:** Bu yaklaşım şilt performansı analizlerinde ve daha yüksek kapasite için daha büyük tahkimatlara ihtiyaç olduğunu doğrulamakta kullanılmasına rağmen, stres dağılımı homojen olmaktan çok uzaktır. Çok küçük ve çoğu zaman önemi olmayan bir stres kapeinin ucunda olsa da, aslında kapedeki stres silindir ile bağlantısının yakınında odaklanır. Bunun tam aksine iki silindirli şilt tasarımlarının kinematığı, stresin temel çerçevenin topuğu yakınına odaklanması eğilimindedir.
- **Yenilme silindirlerin alçalmasına neden olan akışkanın dışarı çıkmasına izin verir:** Yenilme hidrolik sıvının silindir içinde serbest bırakılmasından sonra oluşmaktadır. Her yenilme olayı ile az bir miktar olmak üzere silindirlerde alçalma gözlenir. Silindirlerin bu yeni konumu ne kadar sıvı kaybı olduğunu ve ne kadar kapanma meydana geldiğini açıklar. Yenilme vanası kapalı duruma gelmeden önce stres % 10 oranında azalır.

4.2 Kaya-Tahkimat Etkileşimi Yaklaşımı

Şekil 4.7’de görüldüğü gibi uzunayak veya taban yolu girişi gibi bir giriş kazısına iç gerilme, destekleme stresi ve kapanımlara (sınırların birbirine yaklaşması, konverjans) bağlı kaya kütlelerinin davranış (tepki) eğrisi oluşturulabilir. Bu grafik

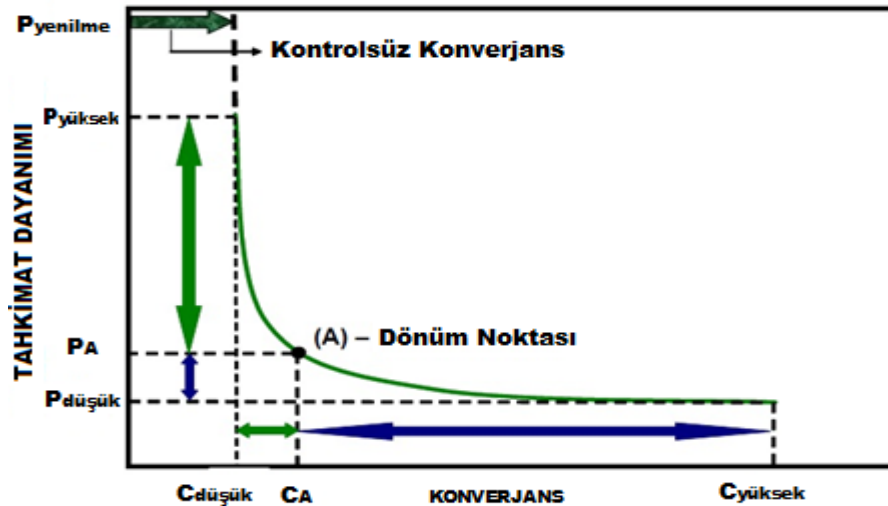
üzerinde **A noktası**; kazı öncesi kazı sınırlarının, kaya ortamının stresine eşit bir strese bağlı olduğunu gösterir. Kazıdan sonra ise açılan boşluğun sınırları birbirine yaklaşır ve sonraki kapanımlar doğal tavan kemeri oluşumu ve kaya kütlelerinin kendi kendini taşıması ile **B noktasında** dengeye ulaşır. **C noktasına** gelindiğinde (tahkimatsız) kayada gevşemeler meydana gelir ve süreksizlikler artar ve kayanın kendi kendini taşıması kaybolduğunda gereken destek direnci bir miktar daha gerçekleşen oturmalar ile artmaya başlar. **D noktasına** gelindiğinde ise tüm denge kuvvetleri bozulmuş kaya kütlelerinin artık tahkim edilmeye ihtiyaç duyduğunu görürüz (Kapanım en yüksek seviyede). Tahkimat ile desteklenen bir kaya kütlelerinin tepkileri yine Şekil 4.7 üzerinden incelenebilir. Tahkimat eğrisi, kaya etkileşim eğrisi ile B noktasında kesiştiğinde denge sağlanmış olur. Farazi olarak Şekil 4.7 üzerine yerleştirilmiş, farklı streslere sahip tahkimatlar ile tahkimat tasarımına dair iki önemli nokta açıklanabilir. **E noktasında** bulunan tahkimat kapasitesi, **F noktasında** bulunan tahkimat kapasitesinden daha yüksektir ancak her ikisi de kaya reaksiyonu eğrisine aynı noktada ulaşır (B noktası). Bu, yüksek kapasiteli tahkimatların daha iyi bir kaya kütle kontrolü için mutlaka gerekli olmadığını gösterir. Ayrıca, her zaman tahkimat ile önlenemeyen bir miktar kapanım olduğunu da grafik üzerinden görebiliriz. Bu nedenle, tahkimat tasarım aşamasında var olan bu kontrol edilemez kapanımlar da mutlaka ele alınmalıdır (Barczak ve Tadolini, b.t).



Şekil 4.7 Kaya tahkimat etkileşimi eğrisi (Barczak ve Tadolini, 2007)

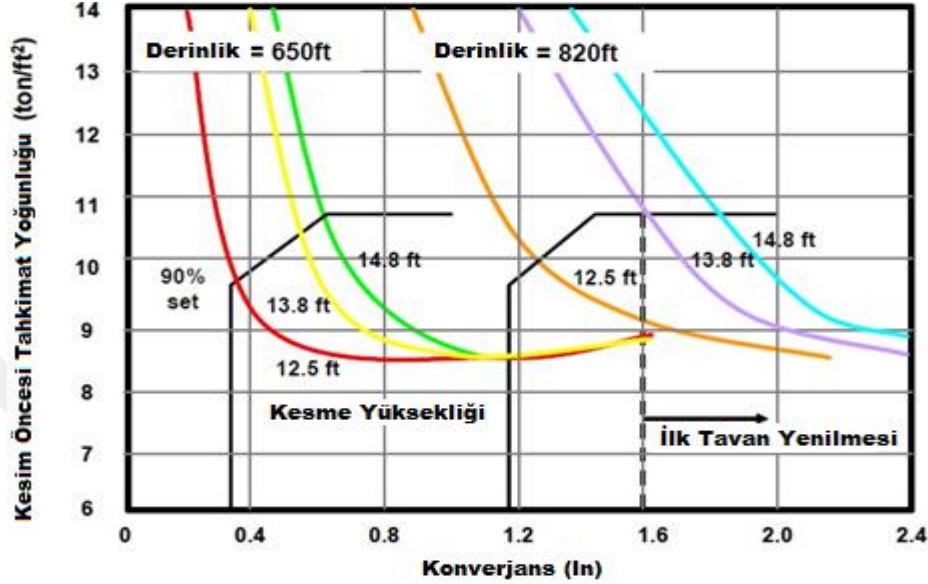
4.3 Kaya-Tahkimat Etkileşimi Yaklaşımının Şilt Tasarımına Uygulanışı

Azalan ayna kapanımları ile birlikte, artan kurulum stresinin gelişmiş bir kaya kontrolü sağladığı genel olarak kabul gören bir yaklaşımdır. Kurulum stresinin kapanımlara karşı bir grafiği çizildiğinde, Şekil 4.8’de görülen eğri elde edilir. Bu eğri kaya tahkimat etkileşimi eğrisidir. Şekilden görüldüğü üzere yüksek şilt stresi, kapanımları azaltır ancak bükülme noktasının (**A noktası**) ötesinde, hızlı bir şekilde azalan tahkimat stresinin etkisinden dolayı ideal kurulum stresi var olmaktadır. Ayrıca yine bu grafikte dönüm noktasının solunda kalan alan günümüzde kullanılan modern tahkimat sistemleriyle dahi ana tavan taşı hareketinden dolayı oluşan kapanımların, kontrol edilemez olduğunun bir kanıtıdır. Kaya tahkimat etkileşimi eğrisi, farklı durumlar altında değişen dinamik bir eğridir (Medhurst, 2005). Örneğin, Şekil 4.9’da artan ayna yükseklikleri için kaya kütlesi reaksiyonu eğrisi sağa doğru hareket ettirilmiştir. Grafik yüksek kapasiteli şiltlerin, yüksek aynalardaki kömür damarının sıkılığındaki azalma ile birlikte kapanım miktarında artış sağlamaya ihtiyaç duyacağını belirtir. Boşluk üzerinde bulunan örtü tabakasının artması tahkimat direncini arttıran daha büyük yüklere neden olur ve eğrinin sağa doğru kaydırılarak daha yüksek kapasiteli şiltlere ihtiyaç duyacağı yine grafik üzerinden yapılan çıkarımlardan biridir.



Şekil 4.8 Kapanımlar üzerinde kalkan kapasitesinin etkisi (Barzack ve Tadolini, 2007)

Periyodik göçertmeler de benzer bir mantıkla ele alınabilir. Eğri sağa ve yukarı doğru kaydırıldığında, şiltin üzerine daha fazla yük binmesine neden olur. Sonuç olarak, kaya tahkimat etkileşimi konsepti temel olarak bir eğri grubundan oluşur ve her yeni durum kendi yükleme şartlarına sahiptir.



Şekil 4.9 Bir uzunayakta kaya tahkimat etkileşimi eğrisi üzerinde örtü derinliği ve kazı yüksekliğinin etkileri (Barzack ve Tadolini, 2007)

4.4 Kalkan Tasarımı İçin Öneriler

Rijitlik: Tahkimat tasarımı gerekliliklerinden biri, aynada dengeli bir yük dağılımı sağlamak için şilt rijitliği ile kömür damarının rijitliğini eşleştirmektir. Yüksek kapasiteli şiltlerin artan rijitliği, kömür damarının rijitliği ile daha iyi eşleşerek yükleri dengelenmiş bir tavan sağlar.

Yenilme iyi midir? Yoksa kötü mü?: Yenilme, şilt açısından baktığımızda iyi ancak tavan taşı için kötüdür. Yenilme, şilti, ortaya çıkabilecek olan aşırı yükler karşısında korur. Yenilme durumunda, hidrolik sıvı hidrolik direklerden boşaltılır ve kapenin alçalması gerçekleşir. Tavan taşının aşağı doğru hareketi genellikle kaya kütlelerinin stabil durumunun bozulduğuna işaret eder. Burada bir diğer önemli husus da tahkimat ne kadar aşağı inmeli ya da tavan taşının aşağı doğru hareketi hangi sınırlarda olmalıdır meselesidir. Kaya kütlelerinin denge şartları düşünüldüğünde her

bir inçlik hareketin bile büyük bir önemi vardır. Çünkü 1 inçlik aşağı doğru hareket genellikle 8 yenilme olayı sonucu meydana gelir. Hareketlerin takibi kazı sınırlarının korunması ve güvenlik açısından önem arz eder. Bir diğer tartışılması gereken mesele ise yenilme neden durur sorusudur. Şiltin alçalması silindir eğimini arttırırken aynı zamanda her yenilme olayından sonra şilt kapasitesini düşürür. En kötü senaryolar düşünüldüğünde şiltin, kaya kütlesi reaksiyonu yaklaşımına uygun olarak her yenilme ile birlikte bir denge kurabiliyor olması gereklidir.

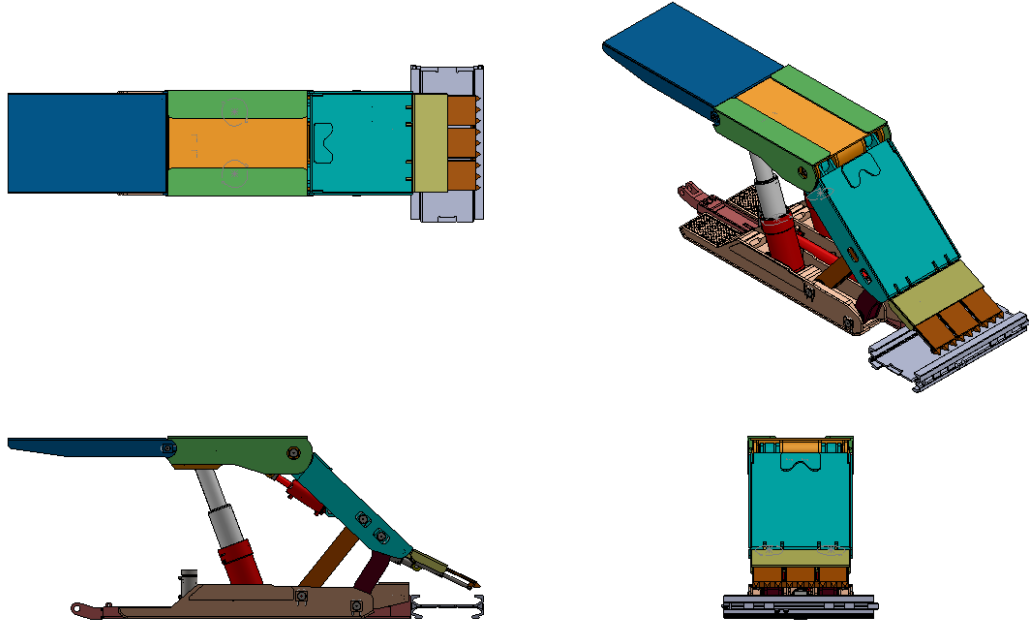
Kurulum Yüğü: Kurulum yükünün birinci fonksiyonu, tabakalı bir yapı elde etmek için tavan kirişi oluşturmaktır. Hedef tahkimatın yenilmesine engel olmak ise, kapanım sağlamak için ayarlanan kurulum yükü kayanın kontrolünü gerçekleştirebilir.

Silindirlerdeki Sızmaların Etkileri: Silindirdeki sızmalar; kaya kütle reaksiyon eğrisi üzerinde aşağı inerek, daha çok kapanım oluşmasına izin vermek anlamına gelir.

BÖLÜM BEŞ

KALKAN TİPİ MEKANİZE TAHKİMAT YÜK ANALİZİ

Analizleri uygulamış olduğumuz kalkan tipi mekanize tahkimat, önceden dizayn edilmiş bir mekanize tahkimattır. Tahkimatın ön kapesi 1600 mm, kalkanı 1260 mm, arka kapesi 1260 mm, temel çerçevesi 2552mm ve teleskopları maksimum seviyede iken 1800 mm uzunluğundadır. Teleskopların minimum seviyede açık olması durumunda tahkimat 800 mm yüksekliğinde olmaktadır. Bu verilen koşullarda tahkimatın maksimum taşıma kapasitesi 1864 KN 'dur. EN 1804-1 standartlarına göre taşıma testi için taşıma kapasitesinin 1.2 katını, ve devirli burkulma testi için de taşıma kapasitesinin 1.05 katını kullanmamız gerekmektedir.



Şekil 5.1 Yük analizi yapılan kalkan tipi mekanize tahkimat

Tahkimat Dayanıklılığı;

Tipi : MV 0,8-1,8 /1,06 2 Ana direk silindirli

Kesici Çapı : 600 mm

Yükseklik (H) : 800-1800 mm

Ana Direk Silindiri;

pz : 32 MPa nominal basınç
pp : 45 MPa maksimum basınç
D : 250 mm silindir çapı
F ist : 1570 kN silindir kaldırma kuvveti
F istp : 2207,81 kN maksimum çalışma basıncında silindir kaldırma kuvveti
i : 2 ks teleskobik
F st : 3140 kN nominal basınçta kaldırma dayanımı
F stp : 4415,63 kN maksimum basınçta kaldırma dayanımı
Tavana uygulanan kuvvet Fa;
Ortak kuvvet HV
F iv : 361,73 kN
F ivp : 452,16 kN
F v : 723,46 kN
F vp : 904,32 kN
Mafsal HV
Dv : 120 mm
p : 32 MPa
pp : 40 MPa
i : 2 ks
Ls : 4010 mm kiriş uzunluğu
Lh : 140 mm Tavan pimi ve arka kenar arası

Tablo 5.1 Tahkimat değerleri

H (mm)	a(mm)	b(mm)	c(mm)	d(mm)	e(mm)	x (mm) 32 MPa	x (mm) 45 MPa	Fa (kN) 32 Mpa	Fa (kN) 45 MPa	Fsp (kN) 45 MPa	Fzh (kN) 45 Mpa
900	713	1683	219	2046	239	806,0	816,1	2581,13	3615,017	2312,447	2462,885
1000	758	1728	229	2207	232	811,5	821,4	2728,89	3822,529	2461,835	2597,493
1100	788	1747	237	2323	224	806,0	815,8	2857,10	4002,466	2560,348	2727,288
1200	813	1737	246	2383	216	807,6	817,5	2940,57	4119,168	2640,241	2804,460
1300	832	1698	254	2398	207	808,5	818,5	3004,12	4207,636	2699,778	2863,245
1400	848	1631	262	2370	197	811,8	822,2	3046,36	4265,796	2748,540	2897,553
1500	861	1539	269	2303	189	817,6	828,5	3068,54	4295,382	2787,324	2908,734
1600	872	1423	277	2202	183	825,1	836,6	3075,61	4303,077	2817,826	2902,290
1700	882	1287	284	2069	180	839,1	851,5	3055,66	4272,085	2845,016	2860,137
1800	892	1135	291	1913	185	860,6	874,3	3010,10	4203,974	2871,226	2782,595

Destek Direnci

a = 2860+140+600+e mm Tavan uzunluğu

b = 1060 mm Şilt eksen aralığı

Ra: Tavan direnç dayanımı kN/m²

Rb: Ayaktaki birim uzunluğa bağlı direnç dayanımı kN/m²

Tablo 5.2 Destek direnci verileri

H (mm)	a(m)	b(m)	S(m ²)	Rb (kN/m) 32	Ra (kN/m ²) 45	Tp (kN)	Tz (kN)
900	3,839	1,06	4,069	2435	888,355	6302	3603
1000	3,832	1,06	4,062	2574	941,065	6134	3633
1100	3,824	1,06	4,053	2695	987,425	5891	3666
1200	3,816	1,06	4,045	2774	1018,346	5727	3704
1300	3,807	1,06	4,035	2834	1042,676	5554	3713
1400	3,797	1,06	4,025	2874	1059,872	5387	3720
1500	3,789	1,06	4,016	2895	1069,477	5213	3726
1600	3,783	1,06	4,010	2902	1073,092	4998	3695
1700	3,780	1,06	4,007	2883	1066,209	4746	3658
1800	3,785	1,06	4,012	2840	1047,824	6302	3603

Bir kattaki basınç

L : 2552 mm Taban şasesi uzunluğu

S : 1749180 mm² Taban şasesi alanı

X : Alt tablanın ucundan uzaklığına Fa uygulaması

p = Fa/S MPa Bir kattaki ortalama basınç

Tablo 5.3 Şilt yüksekliğine göre X uygulaması

H (mm)	X
900	959
1000	948
1100	945
1200	935
1300	925
1400	910
1500	894
1600	877
1700	856
1800	833

Tablo 5.4 X uygulaması daha yüksek bir değer ise kullanılan değerler

pp (MPa)	pz (MPa)
2,33	0,34
2,50	0,32
2,63	0,33
2,74	0,30
2,84	0,27
2,93	0,22
3,01	0,16
3,08	0,10
3,14	0,02

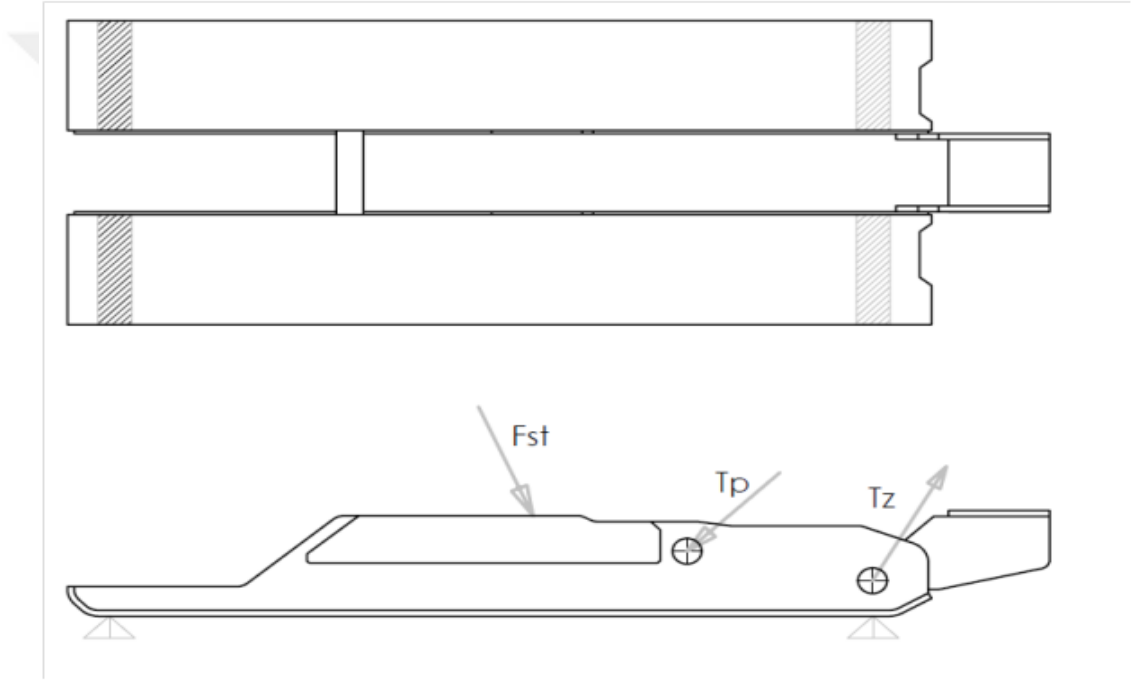
Analizler en kötü koşullarda yani tahkimat yüksekliği 1600 mm ve taşıma kapasitesi en maksimum sınırındayken yapılmıştır.

5.1 Temel Çerçeve

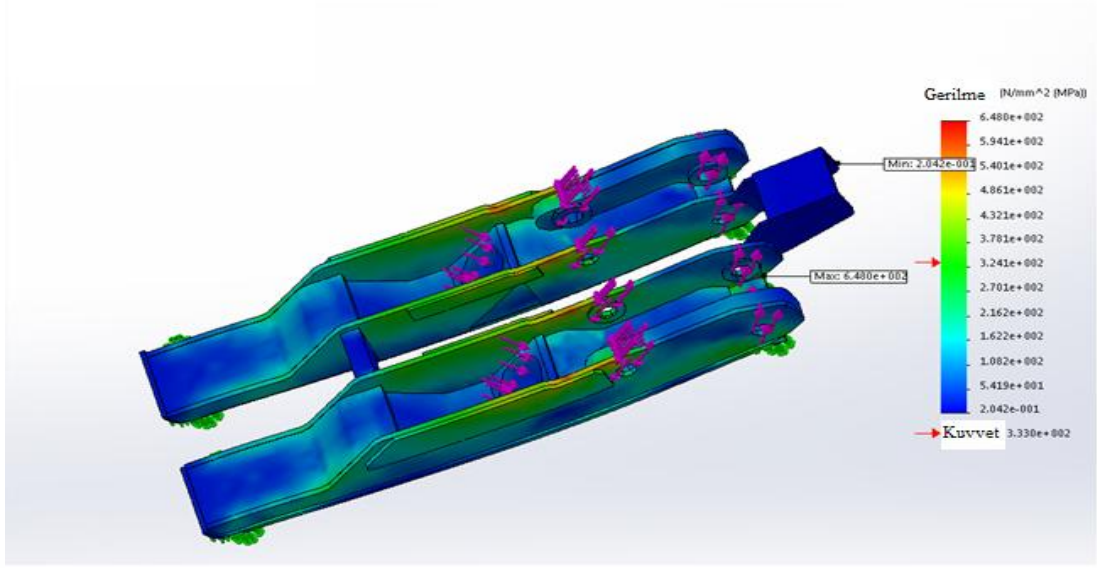
Temel çerçeve tahkimatın üzerinde durduğu ana malzemesidir. Bu yapıya farklı yerlerden taşıma ve burkulma testleri uygulanmıştır.

5.1.1 En Kötü Koşullarda Yapılan Taşıma Testi

Şekil 5.2’de yüklerin uygulandığı noktalar ve Şekil 5.3’te de analiz sonuçları verilmiştir.

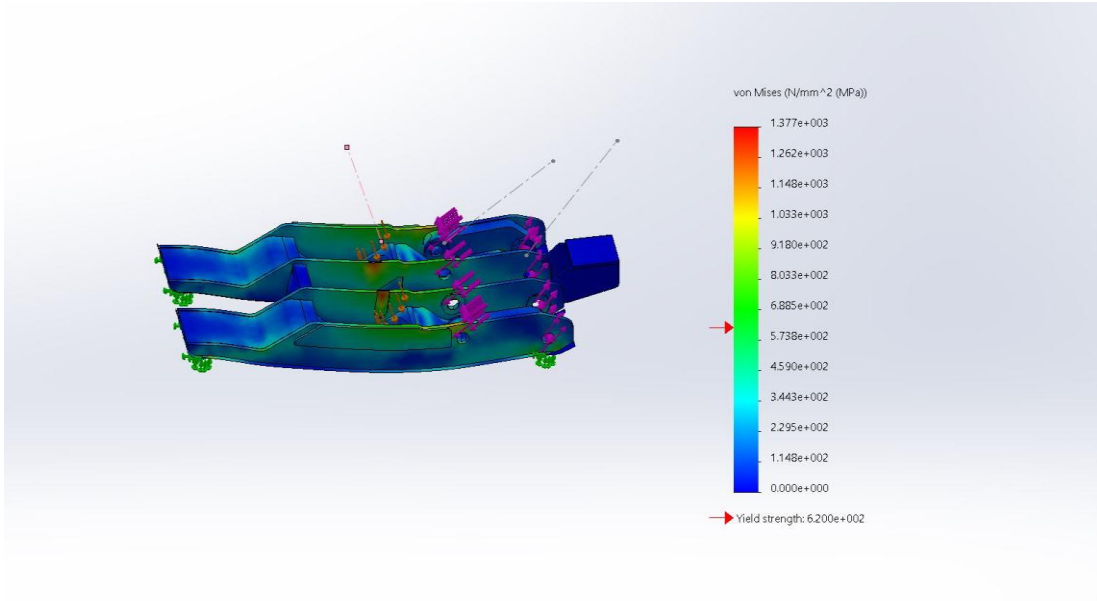


Şekil 5.2 Taşıma testi yapılan tahkimat ana ayağı



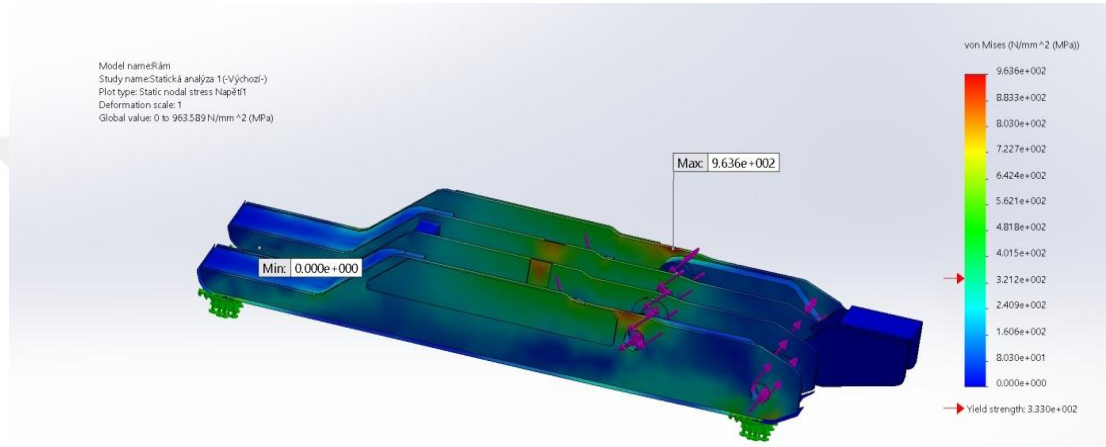
Şekil 5.3 Temel çerçeveye uygulanan sonlu elemanlar analizi sırasında gerilme dağılımı

Bu test sırasında nihai çekme gerilmesi 333 MPa olan S355 J2+N materyali kullanılmıştır. Şekilde de görüldüğü gibi, test sırasında, teleskop yerleri gerilmeye uyum sağlayamamıştır. Dolayısıyla nihai çekme gerilmesi daha yüksek olan S690 QL malzemesi kullanılması daha uygundur. Şekil 5.4 'te S690 QL malzemesi kullanılarak yapılan analizlerin sonucu verilmektedir



Şekil 5.4 Temel çerçevede S690 QL malzemesi kullanılarak yapılan analizler

Bu test sırasında nihai çekme gerilmesi 620 MPa olan S690 QL malzemesi kullanılmıştır. Şekilde de görüldüğü gibi malzeme S355 J2+N malzemesine nazaran daha sağlam ve esnek bir malzemedir fakat teleskop yerlerinde hala sıkıntılar olduğu gözlemlenmektedir. Dolayısıyla temel çerçevenin teleskop yerlerine daha güçlendirilmiş bir malzeme kullanmak bu sorunu çözecektir. Şekil 5.5'te alt tabla için S690 QL malzemesi kullanılıp, teleskop yerleri için ise daha güçlü bir malzeme olan HARDOX 400 materyalinin kullanıldığı analizler verilmiştir.

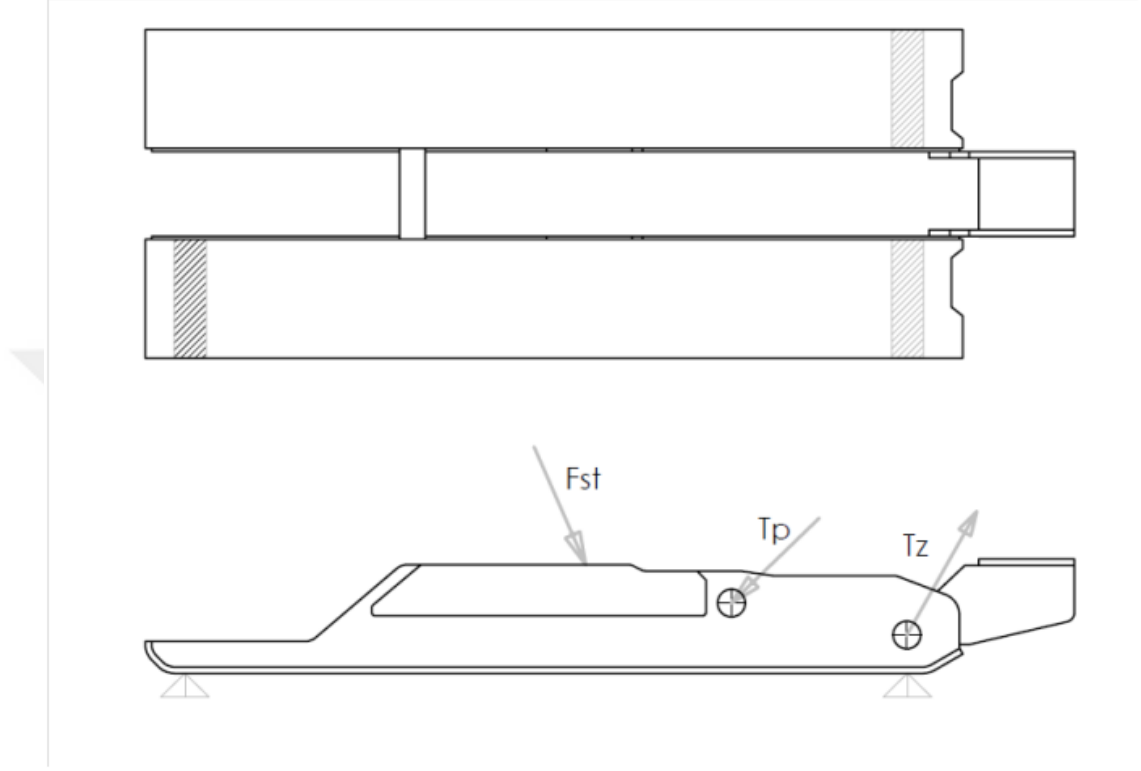


Şekil 5.5 Temel Çerçeve S690 QL teleskop yerleri HARDOX 400 malzemesi kullanılarak yapılan analizler

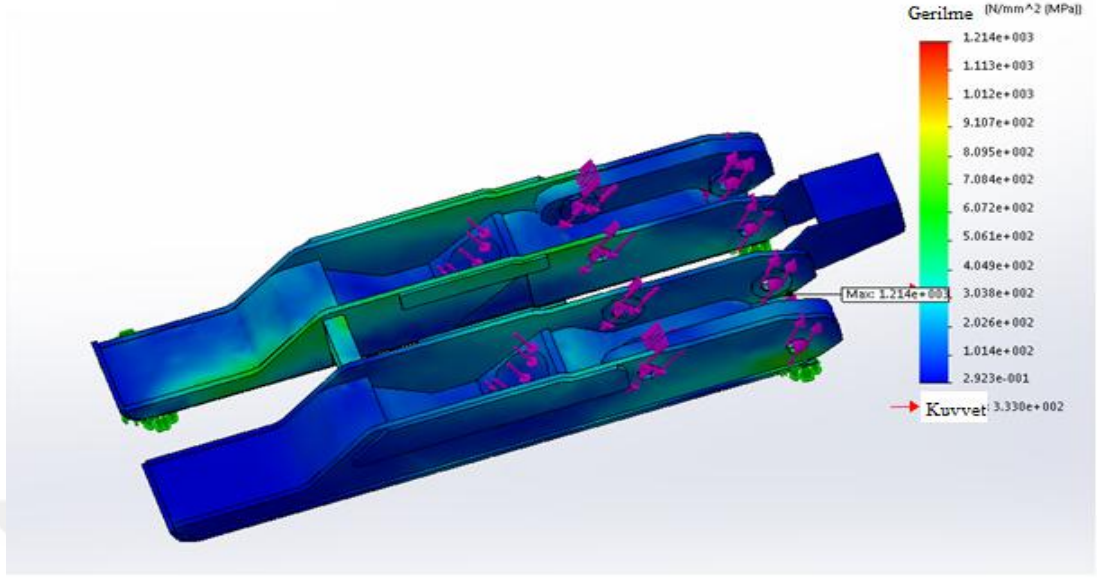
Bu test sırasında temel çerçeve için nihai çekme gerilmesi 620 MPa olan S690 QL malzemesi ve teleskop yerleri için de nihai çekme gerilmesi 900 MPa olan HARDOX 400 malzemesi kullanılmıştır. Analizler sonucunda temel çerçevede kullanılan bu malzemeler olumlu sonuçlar vermiştir (Şekil 5.5).

5.1.2 Arka Kısımının Tamamına Ön Kısımının Yarısına Uygulanan Burkulma Testi

Şekil 5.6'da yüklerin uygulandığı noktalar ve Şekil 5.7'de de analiz sonuçları verilmiştir.

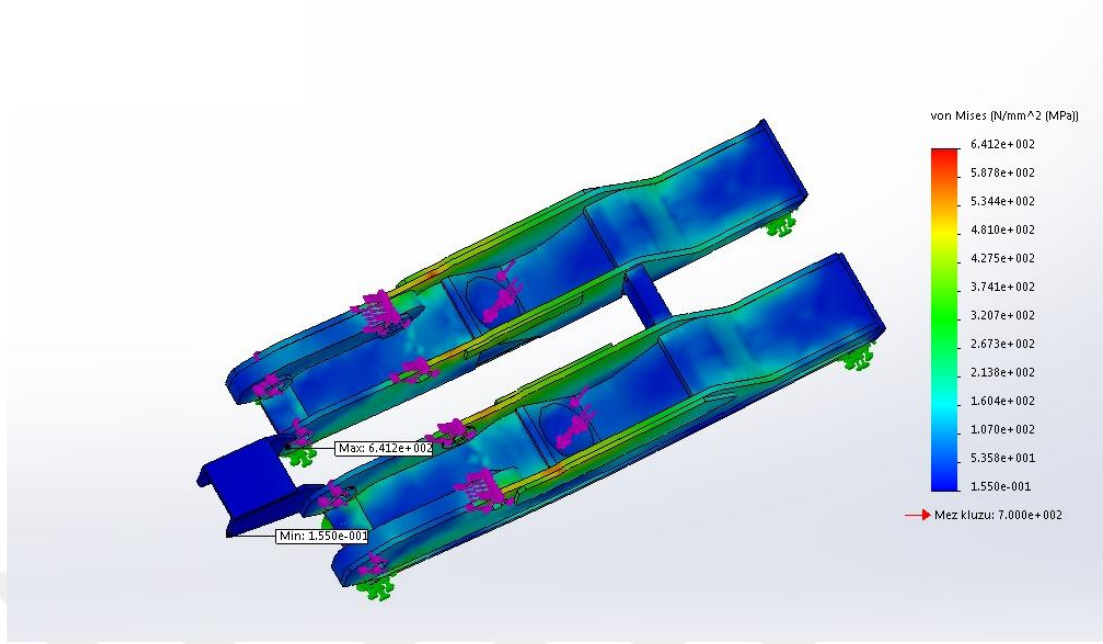


Şekil 5.6 Burkulma testi yapılan tahkimat ana ayağı



Şekil 5.7 Temel çerçeveye uygulanan sonlu elemanlar analizine göre gerilme dağılımı

Bu test sırasında nihai çekme gerilmesi 333 MPa olan S355 J2+N materyali kullanılmıştır. Şekilde de görüldüğü gibi, test sırasında, teleskopların olduğu yere gelen gerilmeler uygun değildir. Dolayısıyla temel çerçeve için nihai çekme gerilmesi daha yüksek olan S690 QL malzemesi kullanılması, teleskop yerleri için ise yine nihai çekme gerilmesi daha yüksek olan HARDOX 400 malzemesi kullanmak daha uygundur. Şekil 5.8 'de bu materyaller kullanılarak yapılan analiz verilmektedir.

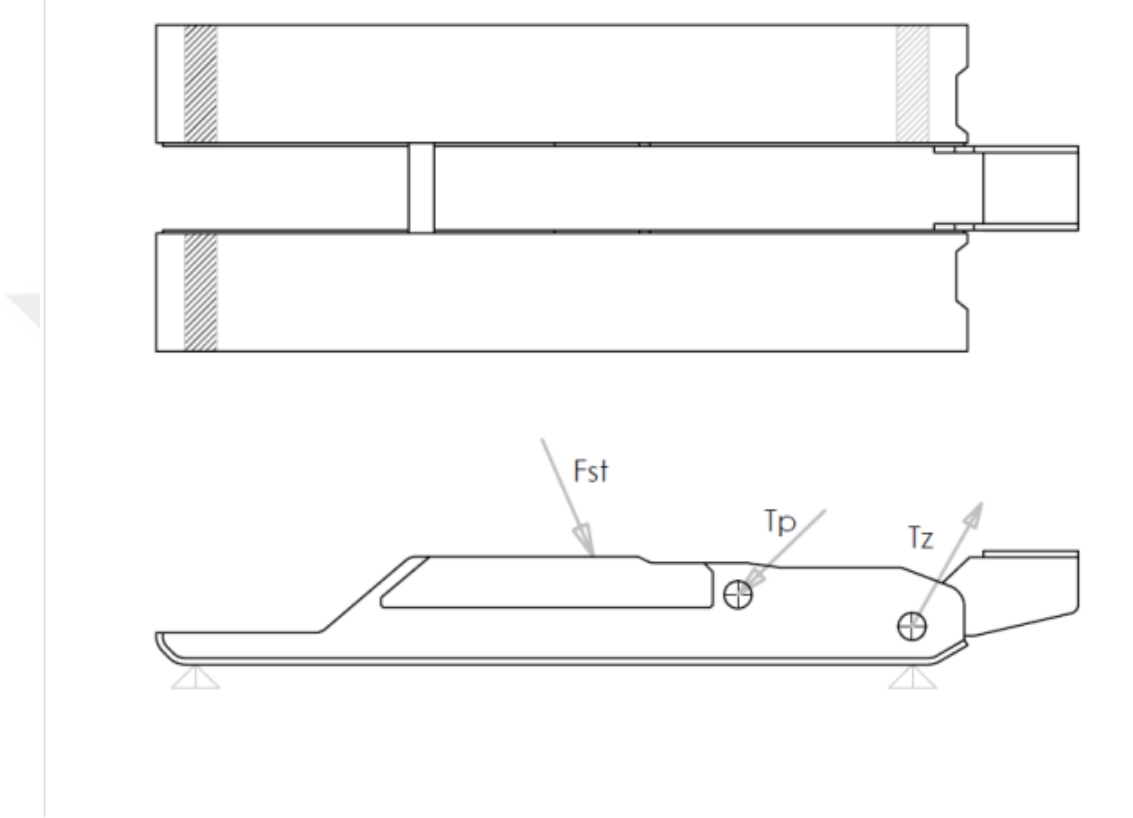


Şekil 5.8 Temel çerçeve S690 QL teleskop yerleri HARDOX 400 malzemesi kullanılarak yapılan analizler

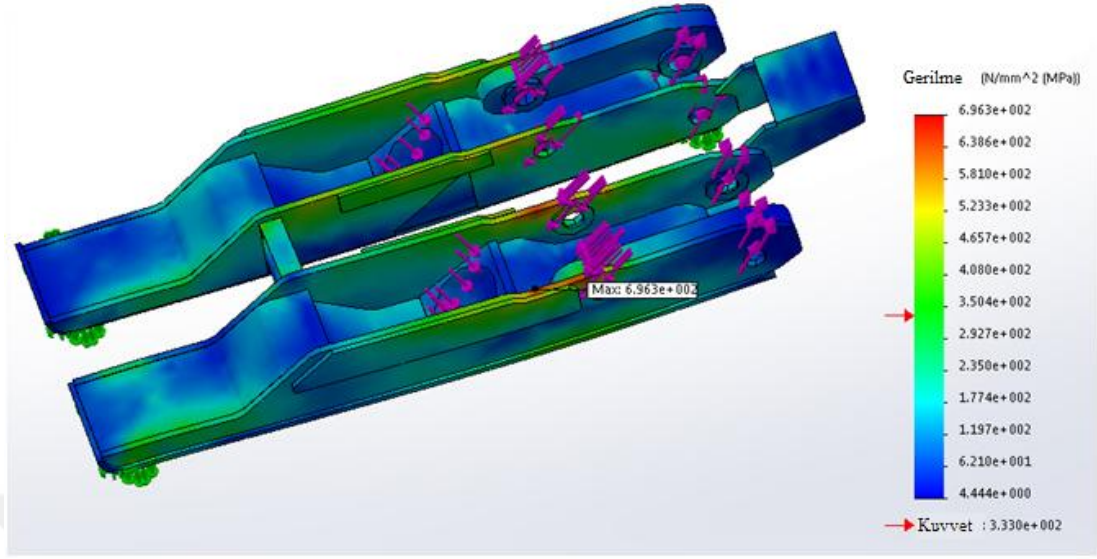
Bu test sırasında temel çerçeve için nihai çekme gerilmesi 620 MPa olan S690 QL malzemesi ve teleskop yerleri için de nihai çekme gerilmesi 900 MPa olan HARDOX 400 malzemesi kullanılmıştır. Analizler sonucunda temel çerçevede kullanılan bu malzemeler uygun sonuçlar vermiştir (Şekil 5.8).

5.1.3 Ön Kısımının Tamamına Arka Kısımının Yarısına Uygulanan Burkulma Testi

Şekil 5.9’da yüklerin uygulandığı noktalar ve Şekil 5.10’da da analiz sonuçları verilmiştir.

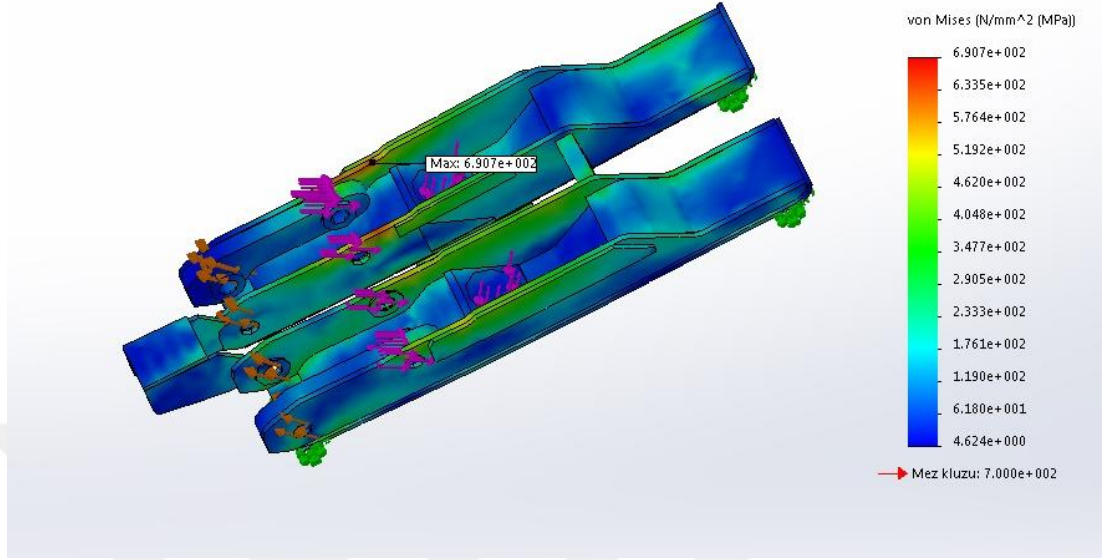


Şekil 5.9 Burkulma testi yapılan tahkimat ana ayağı



Şekil 5.10 Temel çerçeveye uygulanan sonlu elemanlar analizine göre gerilme dağılımı

Bu test sırasında nihai çekme gerilmesi 333 MPa olan S355 J2+N materyali kullanılmıştır. Şekilde de görüldüğü gibi, test sırasında, teleskopların olduğu yere gelen gerilmeler uygun değildir. Dolayısıyla temel çerçeve için nihai çekme gerilmesi daha yüksek olan S690 QL malzemesi kullanılması, teleskop yerleri için ise yine nihai çekme gerilmesi daha yüksek olan HARDOX 400 malzemesi kullanmak daha uygundur. Şekil 5.11 'de bu materyaller kullanılarak yapılan analiz verilmektedir.

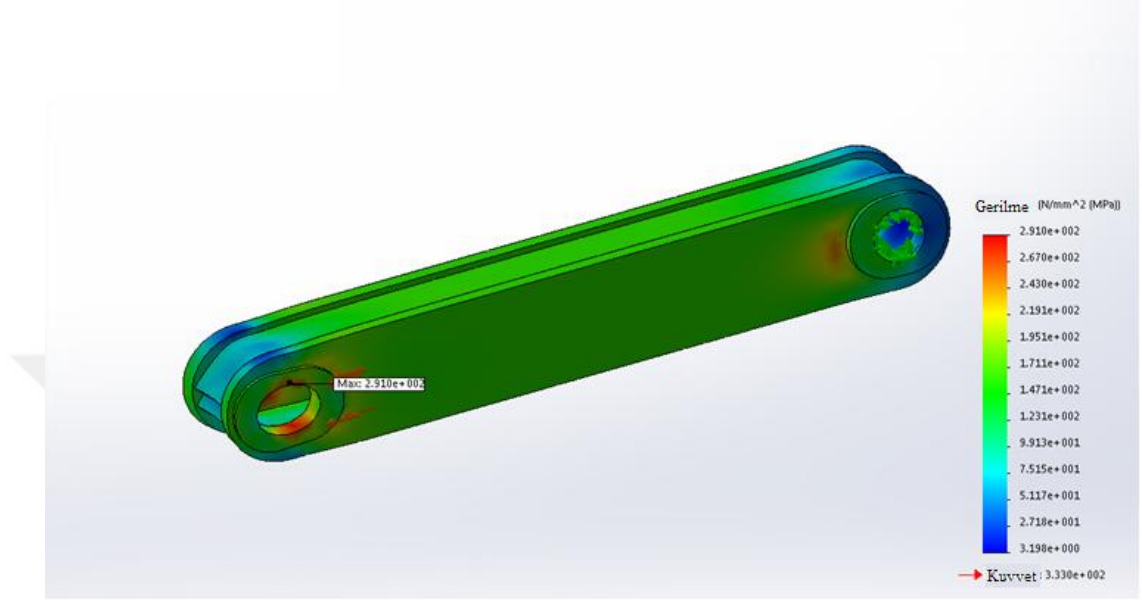


Şekil 5.11 Temel çerçeve S690 QL teleskop yerleri HARDOX 400 malzemesi kullanılarak yapılan analizler

Bu test sırasında temel çerçeve için nihai çekme gerilmesi 620 MPa olan S690 QL malzemesi ve teleskop yerleri için de nihai çekme gerilmesi 900 MPa olan HARDOX 400 malzemesi kullanılmıştır. Analizler sonucunda temel çerçevede kullanılan bu malzemeler olumlu sonuçlar vermiştir (Şekil 5.11).

5.2 Ön Leminiskat Çekme Gerilmesi Testleri

Şekil 5.12’de yüklerin uygulandığı noktalar ve analiz sonuçları verilmiştir.

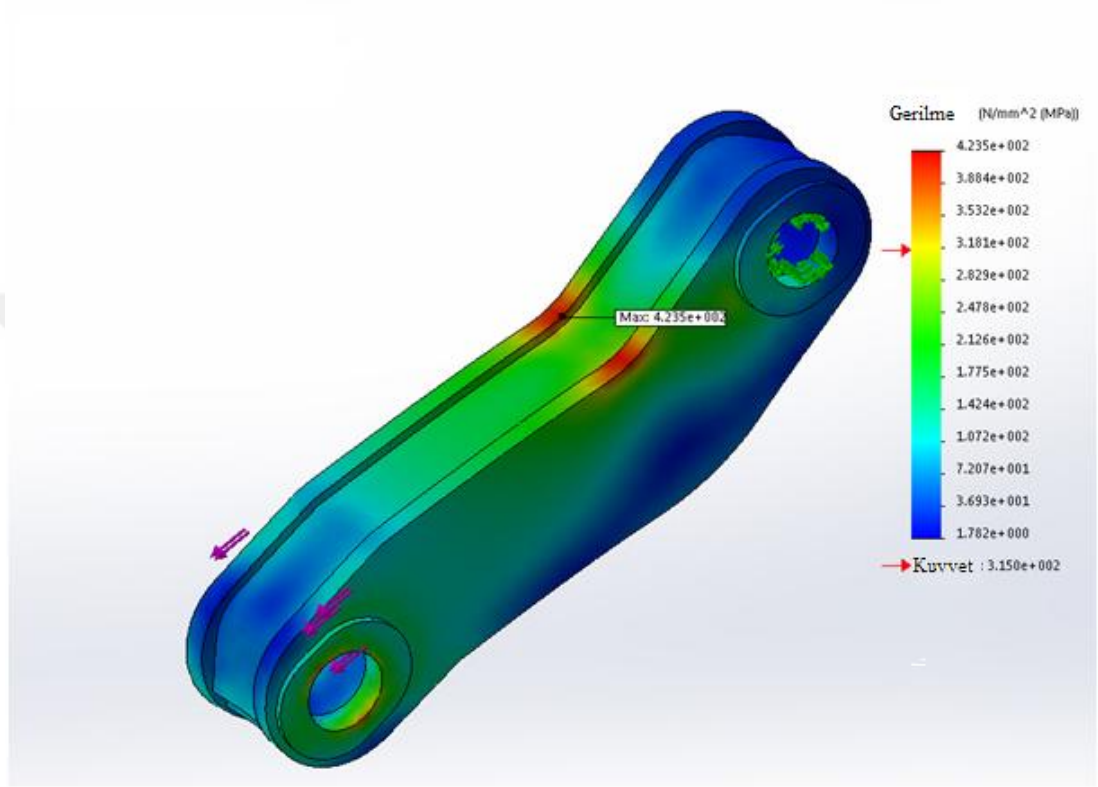


Şekil 5.12 Ön leminiskata uygulanan sonlu elemanlar analizine göre gerilme dağılımı

Bu test sırasında nihai çekme gerilmesi 333 MPa olan S355 J2+N materyali kullanılmıştır. Şekil 5.12’ de görüldüğü gibi seçilen materyal yükleme yapıldığında olumlu sonuçlar doğurmuştur.

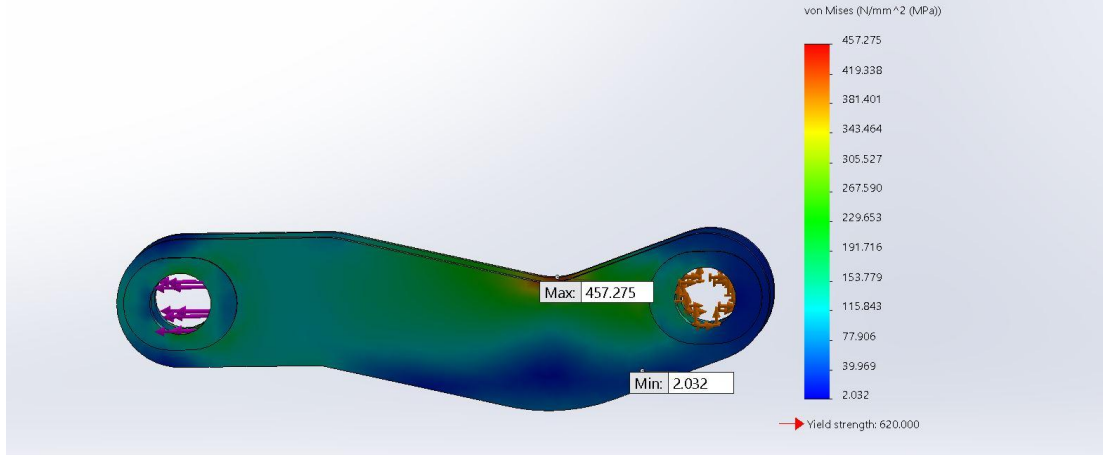
5.3 Arka Lemniskat Çekme Ve Gerilme Testleri

Arka lemniskata etki eden yük çekme gerilmesi şeklindedir. Şekil 5.13’de yapılan analizlerin sonucu verilmektedir.



Şekil 5.13 Arka lemniskata uygulanan sonlu elemanlar analizine göre gerilme dağılımı

Bu test sırasında nihai çekme gerilmesi 333 MPa olan S355 J2+N materyali kullanılmıştır. Şekilde de görüldüğü gibi test sırasında materyal uygunluk gösterememiştir. Bu nedenle nihai çekme gerilmesi minimum 450 MPa olan bir materyal seçilmelidir. Seçilen malzeme nihai çekme gerilmesi 690 MPa olan S690 QL malzemesidir. Şekil 5.14’da bu malzemenin analiz sonuçları verilmektedir.

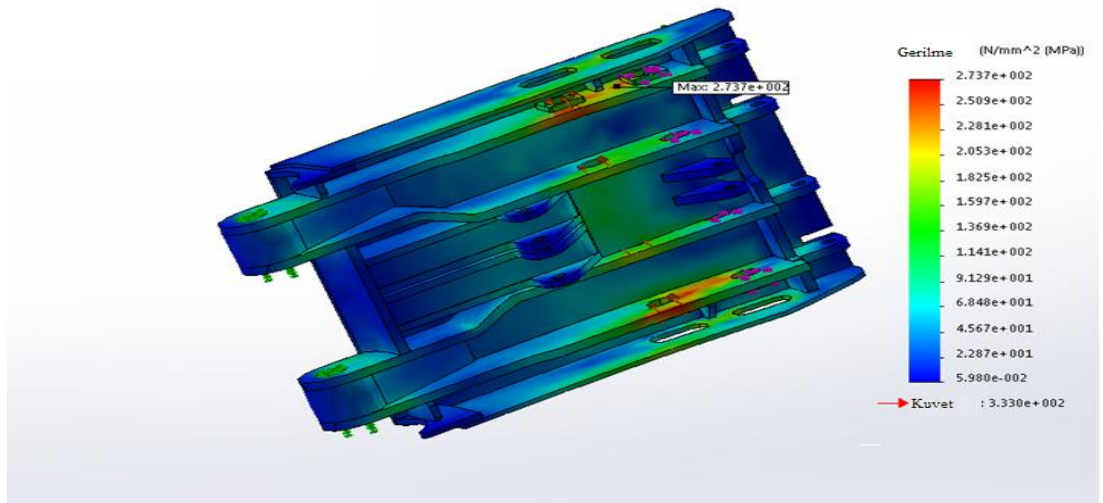


Şekil 5.14 Arka lemniskat S690 QL malzemesi kullanılarak yapılan analiz

Şekil 5.14’ de görüldüğü gibi bu malzeme analizler sonucunda olumlu sonuçlar vermiştir.

5.4 Ön Ve Arka Lemniskatlar Yük Altındayken Kalkana Yapılan Çekme Gerilmesi Testi

Şekil 5.15’te yüklerin uygulandığı noktalar analiz sonuçları verilmiştir. Ön ve arka lemniskatlar yük altındayken kalkan monte yerlerine etkiyen gerilme çekme gerilmesi şeklindedir. Bu nedenle kalkana çekme gerilmesi analizleri yapılmıştır.



Şekil 5.15 Sonlu elemanlar analizine göre gerilme dağılımı

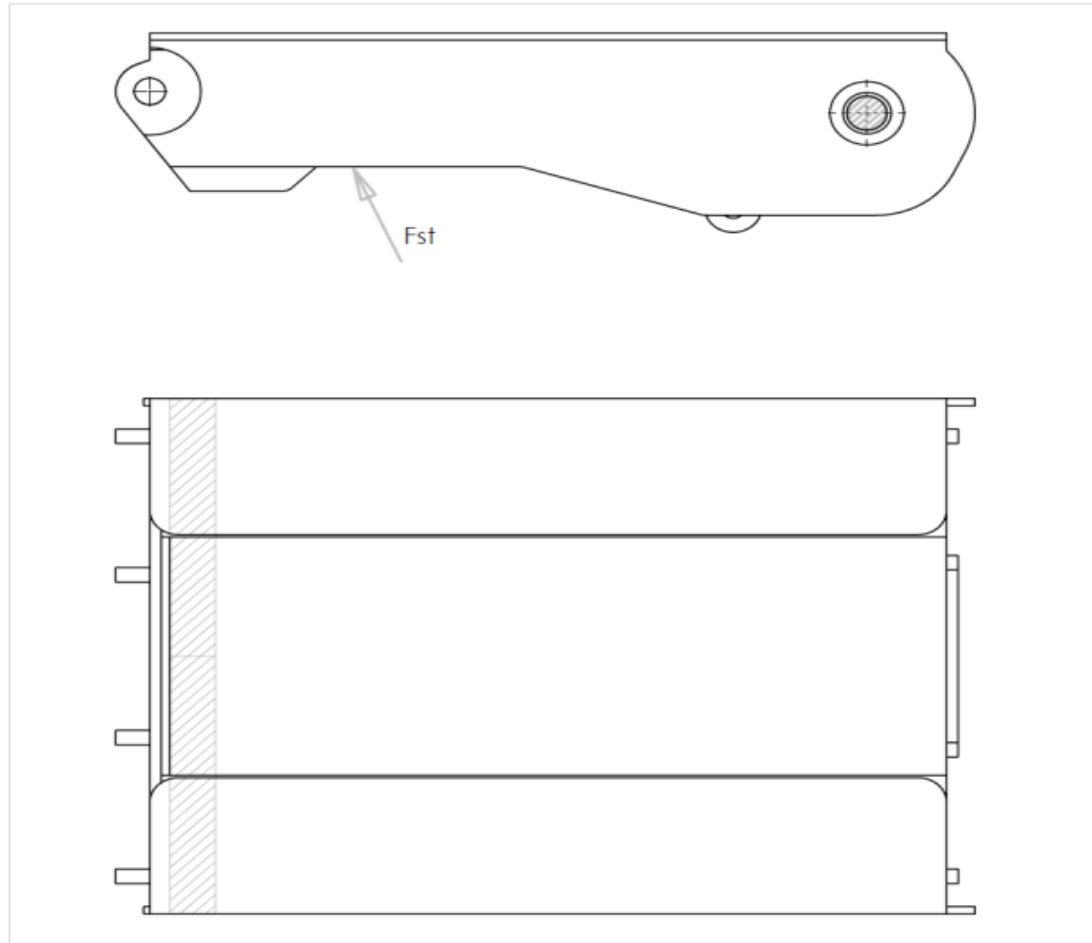
Bu test sırasında nihai çekme gerilmesi 333 MPa olan S355 J2+N materyali kullanılmıştır. Şekil 5.15’ de görüldüğü gibi bu materyal analizlerde olumlu sonuçlar vermiştir.

5.5 Ön Ve Arka Kapeye Uygulanan Testler

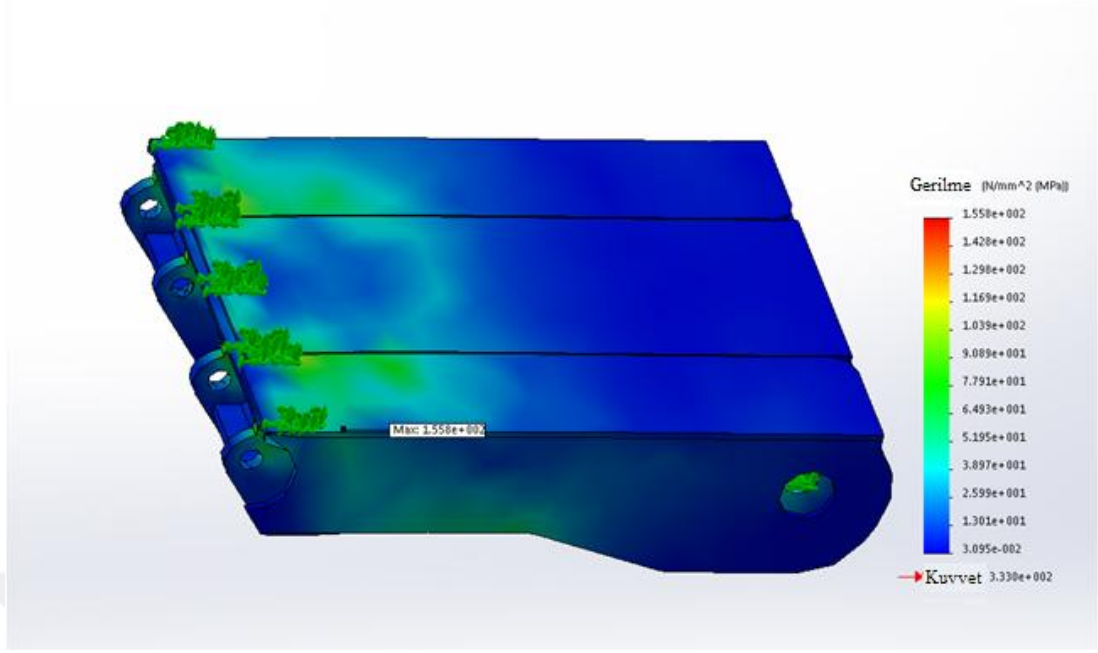
Tahkimatın ön ve arka kapesine gelen gerilmeler farklı olduğundan bu parçalar birbirinden farklı olarak değerlendirilmelidir.

5.5.1 Arka Kape Çekme Gerilmesi Testi

Şekil 5.16’da yüklerin uygulandığı noktalar ve Şekil 5.17’de de analiz sonuçları verilmiştir. Sonuçlardan da anlaşılacağı üzere kapeenin direnci gayet yerindedir.



Şekil 5.16 Çekme gerilmesi testi yapılan tahkimat arka kapesi

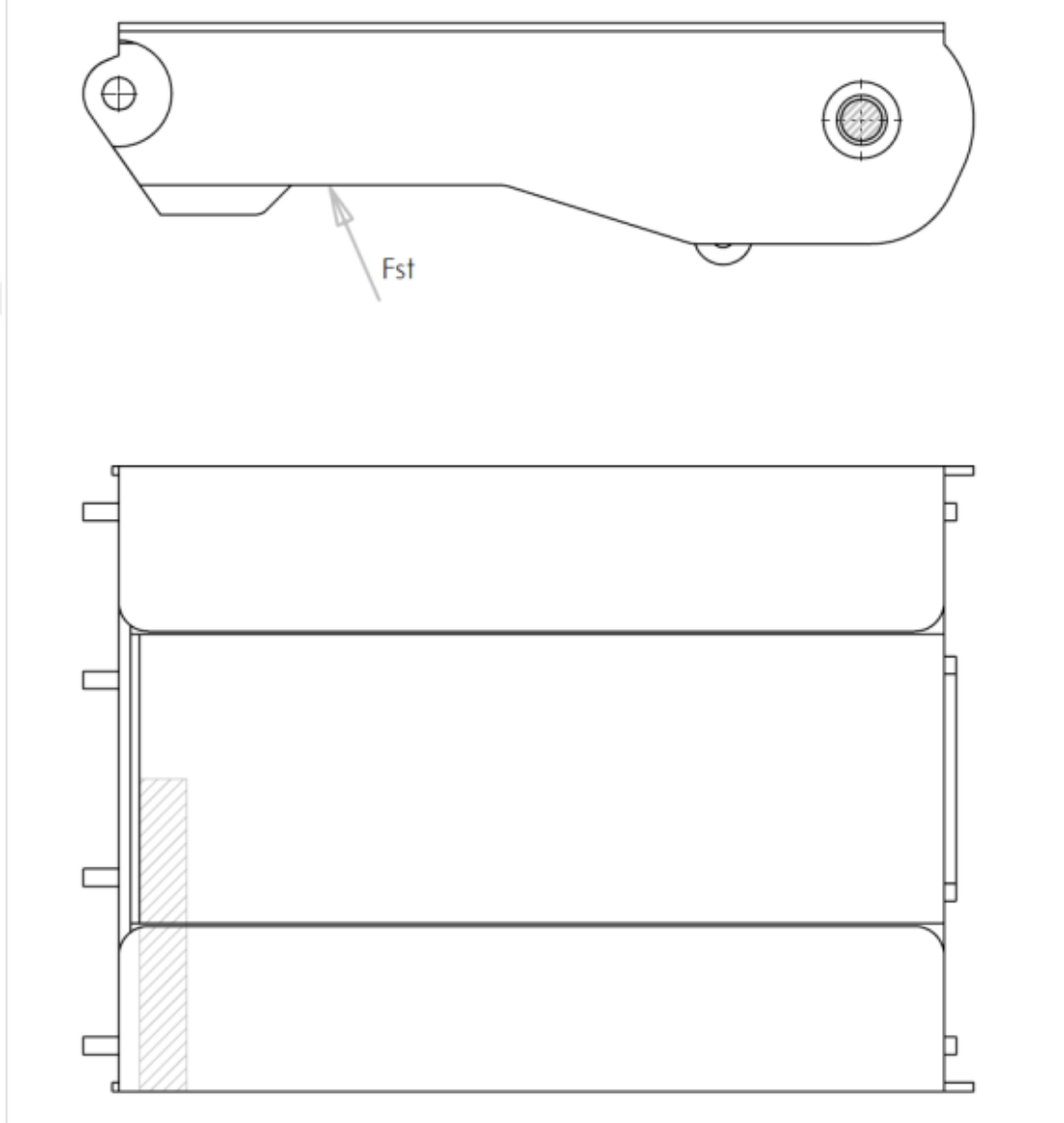


Şekil 5.17 Arka kapeye uygulanan sonlu elemanlar analizine göre gerilme dağılımı

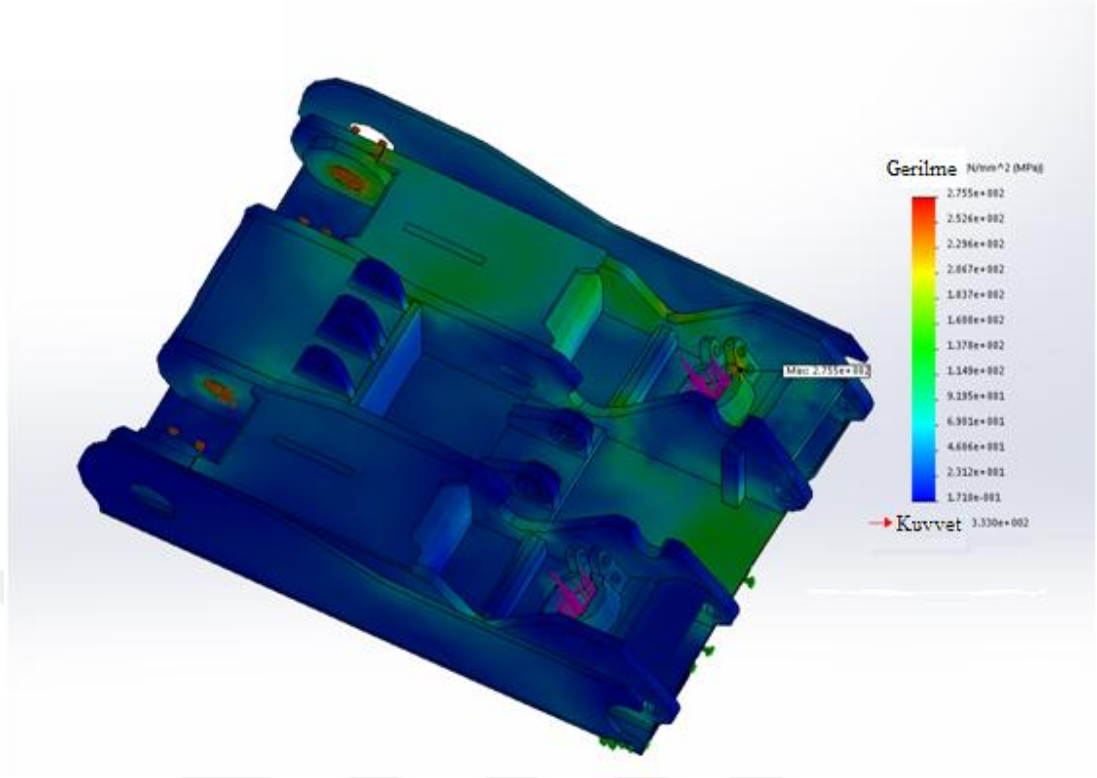
Bu test sırasında nihai çekme gerilmesi 333 MPa olan S355 J2+N materyali kullanılmıştır. Şekil 5.17’ de görüldüğü gibi bu materyal analizlerde olumlu sonuçlar vermiştir.

5.5.2 Arka Kape Burkulma Testi

Şekil 5.18’de yüklerin uygulandığı noktalar ve Şekil 5.19’da da analiz sonuçları verilmiştir.



Şekil 5.18 Burkulma testi yapılan tahkimat arka kapesi

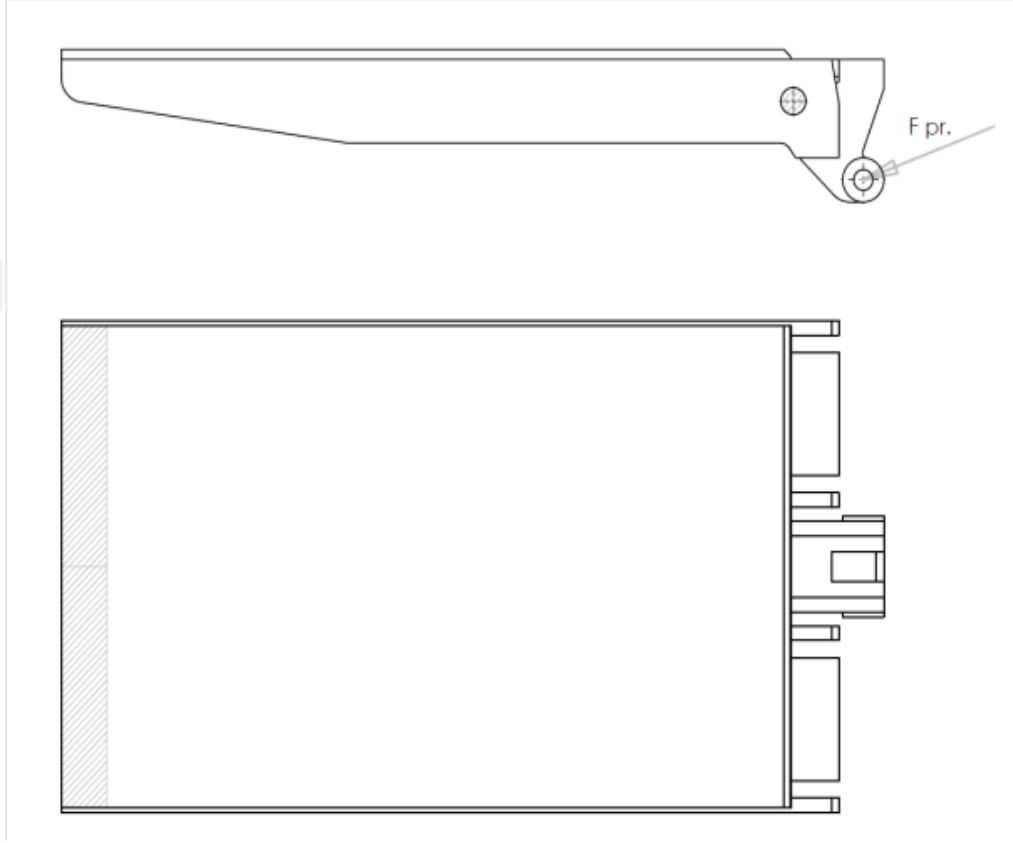


Şekil 5.19 Arka kapeye uygulanan sonlu elemanlar analizine göre gerilme dağılımı

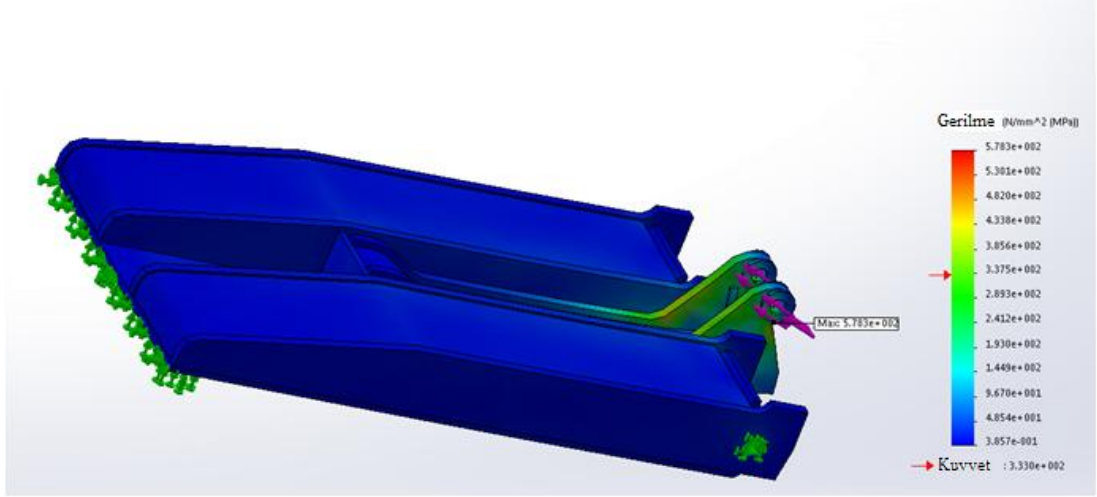
Bu test sırasında nihai çekme gerilmesi 333 MPa olan S355 J2+N materyali kullanılmıştır. Şekil 5.19’ da görüldüğü gibi bu materyal analizlerde olumlu sonuçlar vermiştir.

5.5.3 Ön Kape Bükülme Testi

Tahkimat yük altındayken ön kapeye tahkimata montelenen yerinde bir bükülme yükü etki eder. Şekil 5.20’de yüklerin uygulandığı noktalar ve Şekil 5.21’de de analiz sonuçları verilmiştir.

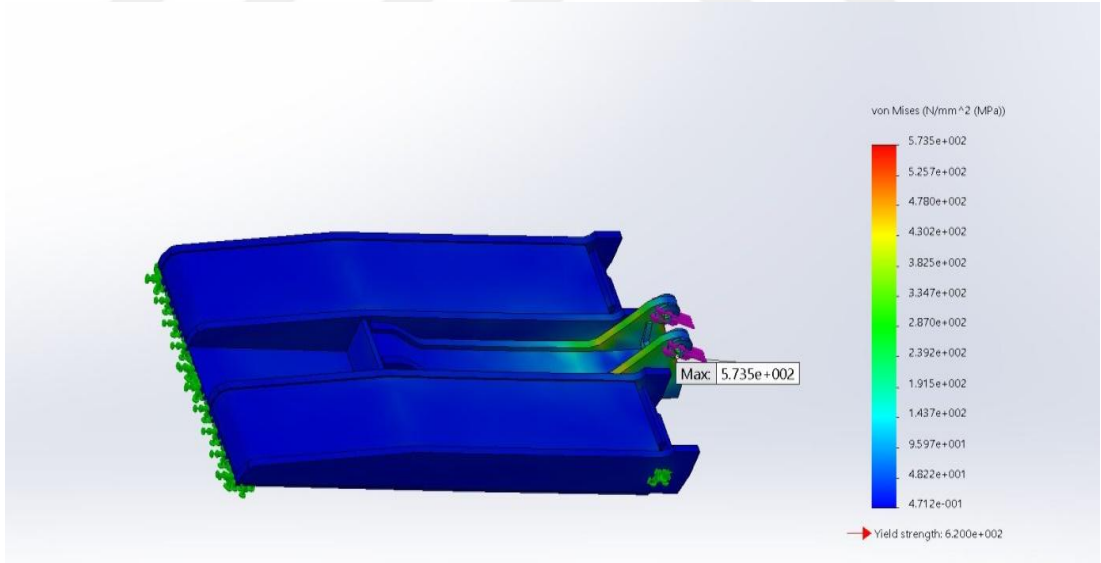


Şekil 5.20 Bükülme testi yapılan tahkimat ön kapesi



Şekil 5.21 Ön kapeye uygulanan sonlu elemanlar analizine göre gerilme dağılımı

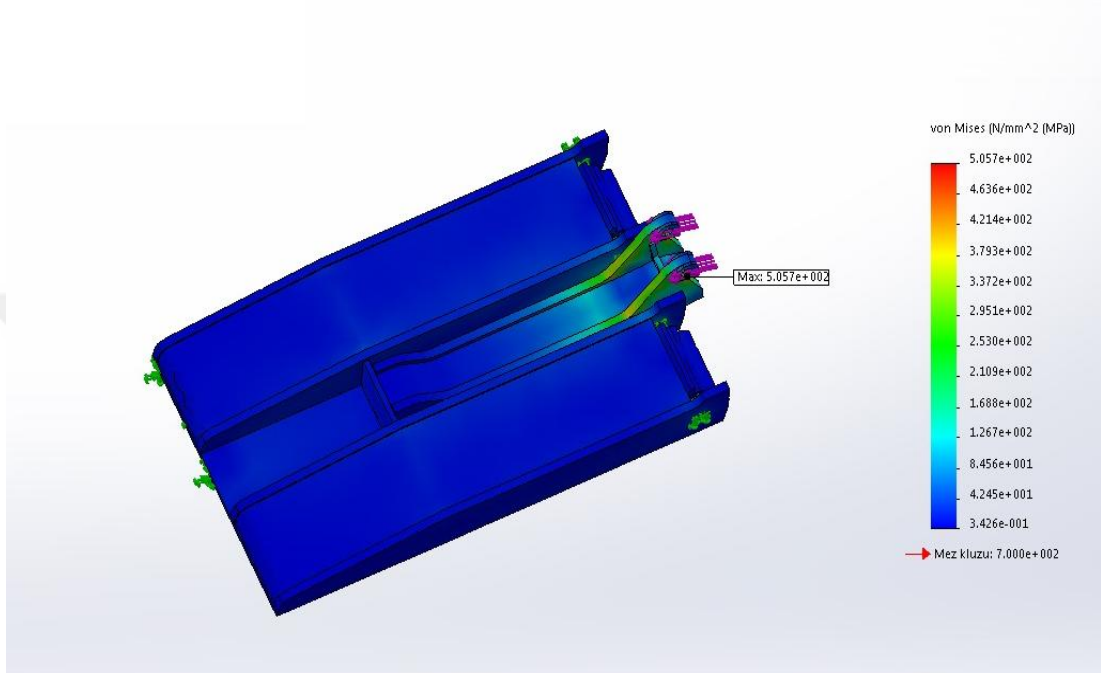
Bu test sırasında nihai çekme gerilmesi 333 MPa olan S355 J2+N materyali kullanılmıştır. Şekilden de görüldüğü gibi malzemenin gerilmeye uygun olmadığı anlaşılmıştır. Dolayısıyla nihai çekme gerilmesi minimum 600 MPa olan başka bir materyal seçilmelidir. Şekil 5.22’de nihai çekme gerilmesi 690 MPa olan S690 QL malzemesi kullanılarak yapılan analizlerin sonucu verilmiştir.



Şekil 5.22 Ön kape S690 QL malzemesi kullanılarak yapılan analiz sonuçları

Şekil 5.22’de görüldüğü gibi S690 QL malzemesi kullanıldığında yapılan analiz sonuçları olumlu yöndedir.

Bu test sırasında nihai çekme gerilmesi 333 MPa olan S355 J2+N materyali kullanılmıştır. Şekilden de görüldüğü gibi malzemenin gerilmeye uygun olmadığı anlaşılmıştır. Dolayısıyla nihai çekme gerilmesi minimum 600 MPa olan başka bir materyal seçilmelidir. Şekil 5.25'te nihai çekme gerilmesi 690 MPa olan S690 QL malzemesi kullanılarak yapılan analizlerin sonucu verilmiştir.



Şekil 5.25 S690 QL malzemesi kullanılarak yapılan analiz sonuçları

Şekil 5.25' de görüldüğü gibi S690 QL malzemesi kullanıldığında yapılan analiz sonuçları olumlu yöndedir

BÖLÜM ALTI

SONUÇLAR

Kalkan tipi tahkimat kinematığı üzerinde çeşitli uygulamalardan ve temel çerçeveyi güçlendirme işlemlerinden sonra varılmış olan sonuç, aşırı yüklenme olan ve dolayısıyla uygunluğu kabul görmeyen bölümlerde materyal değişikliğine gidilmesi ve S690L, S450 ya da HARDOX 400 türü materyal kullanılması gerektiği yönündedir. Çerçeve kinematığını değiştiren herhangi bir güçlendirme yapılması sırasında, gerilmelerin, çok yüksek gerilme değerlerinde bile, diğer parçalara doğru dağıldığı gözlemlenmiştir. Dolayısıyla bazı parçaların boyutlarının değiştirilmesi, bazı parçaların da oluşturulduğu materyallerinin değiştirilmesi daha uygun olacaktır.

Yapılan değişiklikler aşağıda verilmiştir;

- Ön leminiskat boyu 925 mm
- Arka liminiskat boyu 650 mm

Kalkan ve arka kapede değişikliğe gerek yoktur. Fakat ön kapeenin S690 QL malzemesi ile değiştirilmesi, analiz sonuçlarına göre daha uygun olacağını göstermektedir.

Temel çerçeve, analiz sırasında en çok problem çıkaran parça olmuştur.. S355 J2+N malzemesi temel çerçeve için yeterli derecede dayanıklı olmadığı için materyal değişikliği çözümüne gidilmiştir. Teleskop yerlerinde HARDOX 400 geriye kalan bölümlerde ise S690 QL malzemesi kullanılmıştır. Aynı durum ön kape ve arka lemniskatlar için de geçerlidir. Kullanılan S355 J2+N malzemesi yeterli duraylılığı göstermemiş dolayısıyla kullanılan malzeme S690 QL malzemesi ile değiştirilmiştir.

KAYNAKLAR

- Ahıska, T. ve Esen, H. (1987). Uzunayaklarda yürüyen tahkimat sistemi gelişmesi ve dizayn karakteristikleri. *Madencilik Dergisi*, 26(2), 5-18.
- Aksoy, C.O., Geniş, M., Aldaş, G.G., Özacar, V., Özer, S.C. ve Yılmaz, Ö. (2012a). A comparative study of the determination of rock mass deformation modulus by using different empirical approaches. *Engineering Geology*, 131–132, 19–28.
- Aksoy, C.O., Köse, H., Onargan, T., Koca, Y. ve Heasley, K. (2004). Estimation of limit angle by laminated displacement discontinuity analyses in Soma coal field, Western Turkey. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science*, 41(4), 547–556.
- Aksoy, C.O., Oğul, K., Topal, İ., Özer, S.C., Özacar, V. ve Posluk, E. (2012b). Numerical modeling of non-deformable support in swelling and squeezing rock. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science*, 52, 61–70.
- Ataman, T. (1968). Uzunayaklarda tavan inmesi ve taban kabarması (konverjans). *Madencilik Dergisi*, VH(1).
- Barczak, T.M. (1989). *Safety evaluations of longwall roof supports* (1st ed.). Pittsburgh: US Department of the Interior.
- Barczak, T. M. (1992). Examination of design and operation practises for longwall shield. *United States Department of the Interior Bureau of Mines*, 40 (1), 10-17.
- Barczak, T.M. ve Oyler, D.C. (1991). A model of shield-strata interactions and its impact on active shield setting requirements. *Tenth International Conference on Ground Control in Mining*, 35-42.

Barczak, T. M. ve Tadolini, S. C. (2007). Longwall shield and standing gateroad support design – bigger is better. 10 Nisan 2017. <https://www.cdc.gov/niosh/mining/works/coversheet950.html>

Bekişoğlu, Ş. (1993). Beton kaplamalı kanallarda sızdırmazlık önlemleri mastik asfalt ve püskürtme beton uygulaması. *D.S.İ. Matbaası, İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı*, 24-49.

Çakıroğlu, M. A. ve Terzi, S. (2010). Püskürtme betonda yüzey hazırlığının önemi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, 2(2), 85-92.

Fiscor, S. (b.t.). Industry resumes full production among high prices. *Coal Age*, February 2005, 26-30

Kripakov, N.P. (1981). Analysis of pillar stability on steeply pitching seam using finite element method. *BuMines RI*, 8579, 33.

Mark, C. ve Iannacchione, A.T. (1992). Proceedings workshop on coal pillar mechanics and design, coal pillar mechanics: theoretical models and field measurements compared, *Information circular*, 9315, 78–93.

Medhurst, T.P. ve Reed, K. (2005). Ground response curves for longwall support assessment. *Transactions of The Institution of Mining and Metallurgy, Mining Technology*, 114, A81-88.

Peng, S.S. (1986). *Coal mine ground control* (2nd ed.). New York: John Willey& Sons Inc.

Whittaker, B.N. ve Paşamehmetoğlu, A.G. (1981). Ground tilt in relation to subsidence in longwall mining. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics*, 18(4), 321–329.

Ünal E. (b.t.). *Galerilerde kaya saplamaları ile tahkimat tasarımı*. 16 Mart 2017,
http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/731592aca5fb4d7_ek.pdf

Ünver, Ö. (1971). Yürüyen tahkimat ve uzunayaklarda tahkimat ihtiyacının tespiti için basit bir method. *Madencilik Dergisi*, 10(4), 24-33.

Tahkimat türleri ağaç tahkimat tavan civatası (2015).
<http://slideplayer.biz.tr/slide/3295926/>

Türk Dil Kurumu sözlük (b.t.). 3 Mart 2017.
http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&arama=gts&guid=TDK.GTS.592ebc09b969e8.50124184