

134826

YERALTI ÜRETİM PROJELENDİRİLMESİ
VE TUNÇBİLEK KÖMÜR SAHASINDAKİ
BİR BÖLGEYE UYGULANMASI

Erdem Sütçü

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANİSYON MERKEZİ

Dumlupınar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Maden İşletme Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman : Prof.Dr. İ. Göktay Ediz

Aralık-2003

134826

KABUL ve ONAY SAYFASI

Fen Bilimleri Enstitüsü'nün YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı Yeraltı Üretim Projelendirmesi ve Tuncbilek Kömür Sahasındaki Bir Bölgeye Uygulanması başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

26.12.2003

Üye : Prof. Dr. İ. Göktay EDİZ

Üye : Prof. Dr. Birol ELEVİLİ

Üye : Prof. Dr. Alim IŞIK

Fen Bilimleri Enstitüsün Yönetim Kurulu'nun 06/01/2004 gün ve 01..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hayri PAZIOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü Y.

YERALTI ÜRETİM PROJELENDİRİMİ VE TUNÇBİLEK KÖMÜR SAHASINDAKİ BİR BÖLGEYE UYGULANMASI

Erdem Sütçü

Maden Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2003

Tez Danışmanı: Prof. Dr. İ. Göktay Ediz

ÖZET

Bu çalışmada, Tavşanlı-Tunçbilek mevkiinde bulunan linyit sahasının, yeraltı madencilik projelendirilmesi yapılmıştır.

Bu projede kısaca; şirket tarafından yapılmış olan kömür sondajları, saha topoğrafik haritası üzerine yerleştirilerek yeraltı ocak sınırı oluşturulmuştur. Bu sınır içinde öncelikle, kömür izohips eğrileri oluşturularak, sahadaki kömür rezervi hesaplanmıştır. Üretim yöntemi ve planına bağlı olarak, ayaklardaki ve panolardaki tahkimat sistemi ve nakliyat sistemi projelendirilmiştir. Ocak havalandırılmasının yapıldığı, havalandırma sistemi projelendirilmiştir. Son olarak da, ocakta oluşan suyun tulumbalar tarafından atılabilmesi için gerekli olan su ihraç sistemi projelendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Kömür İzohips Eğrileri, Kömür Sondajları, Rezerv Hesaplamaları, Tunçbilek Kömür Sahası, Yeraltı Madencilik Projelendirilmesi

**UNDERGROUND COAL MINING DESIGN AND AN APPLICATION TO A DISTRICT
WITHIN TUNCBILEK COAL FIELD**

Erdem Sütçü

Mining Engineering, M. Sc. Thesis, 2003

Supervisor: Prof. Dr. İ. Göktaş Ediz

SUMMARY

In this study, an underground mining project was made in a lignite district of Tavsanlı-Tuncbilek coal field.

In this project, underground mining boundaries were determined by plotting the drill data on a topographical map. The coal reserve was calculated by obtaining coal isohips within this border. Support and transport system designs were made according to the production method and to the plan chosen. Ventilation system was also projected to provide safe ventilation requirements in the mine. Finally, water drainage system was designed in order to pump out the water to be collected in underground.

Keywords: Coal Drillings, Coal Isohips, Reserve Estimation, Tunçbilek Coal Field, Underground Mining Projects

TEŞEKKÜR

Bu çalışmamda bilgileri ve fikirleri ile beni yönlendiren ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocalarım, **Prof. Dr. İ. Göktaç EDİZ** ve **Prof. Dr. Birol ELEVİLİ**'ye teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca, tezimdeki eksiklikleri özverili çalışmaları ile ortaya koyan ve tezin sonuçlanmasında önemli katkıları olan **Prof. Dr. Alim İŞİK**'a da teşekkür ederim.

Ayrıca, bu çalışmanın hazırlanması esnasında kişisel tecrübelerini ve bilgilerini bana sunan, yardımlarını unutamayacağım **Maden Mühendisi Cengiz KAYA**'ya (G.L.İ. 6 No Yer altı Ocağı) teşekkür ederim.

Ve tabii ki **AİLEME** sonsuz teşekkürler...



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	IV
SUMMARY.....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	IX
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XI
1. GİRİŞ.....	1
2. PROJE SAHASININ TOPOGRAFYASI.....	3
2.1. Saha Sondajlarının Topografik Haritaya Aktarılması.....	3
2.2. Mezarlık Koordinatlarının Topografik Haritaya Aktarılması.....	6
3. KÖMÜR SAHASI SINIRININ OLUŞTURULMASI.....	8
3.1. Yeraltı İşletme Sınırın Oluşturulması Ve Yöntem.....	8
3.2. Kömür İzohips Eğrilerinin Oluşturulması.....	8
3.3. Rezervin Hesaplanması.....	10
4. ÜRETİM PLANLAMASI.....	12
4.1. Üretim Yöntemi Seçimi.....	12
4.2. Üretim Planı.....	12
4.3 İş Organizasyonu.....	14
4.4. Delme Patlatma.....	14
5. TAHKİMAT SİSTEMİ.....	15
5.1. Galerilerde Tahkimat Tasarımı.....	15
5.2. Ayaklarda Tahkimat Tasarımı.....	22
5.3. Topuk Genişliklerinin Hesaplanması.....	27
5.3.1. Wilson yaklaşımına göre topuk hesabı.....	27
6. NAKLİYATIN PROJELENDİRİLMESİ.....	30
6.1. İşçi Ve Malzeme Nakli.....	30

İÇİNDEKİLER (devamı)

	<u>Sayfa</u>
6.2. Kömür Nakliyatı.....	30
6.2.1. Zincirli oluk seçimi.....	30
6.2.2. Bant seçimi.....	32
7. HAVALANDIRMA SİSTEMİ VE HAVALANDIRMA PROJELENDİRİLMESİ.....	37
7.1. Pano Dirençlerinin Hesaplanması.....	37
7.1.1. Galeri dirençlerinin hesaplanması.....	37
7.1.2. Şok kayıp dirençlerinin hesaplanması	39
7.1.3. Ayak dirençlerinin hesaplanması.....	40
7.2. Pano Yollarının Belirlenmesi Ve Dirençlerinin Hesaplanması	40
7.2.1. 1 Nolu panonun direnç hesapları.....	40
7.2.2. 2 Nolu panonun direnç hesapları.....	52
7.2.3. 3 Nolu panonun direnç hesapları.....	54
7.2.4. 4 Nolu panonun direnç hesapları.....	56
7.2.5. 5 Nolu panonun direnç hesapları.....	58
7.2.6. 6 Nolu panonun direnç hesapları.....	60
7.2.7. 7 Nolu panonun direnç hesapları.....	62
7.2.8. 8 Nolu panonun direnç hesapları.....	64
7.2.9. 9 Nolu panonun direnç hesapları.....	66
7.2.10. 10 Nolu panonun direnç hesapları.....	68
7.2.11. 11 Nolu panonun direnç hesapları.....	70
7.2.12. 12 Nolu panonun direnç hesapları.....	72
7.2.13. 13 Nolu panonun direnç hesapları.....	74
7.2.14. 14 Nolu panonun direnç hesapları.....	76
7.3. Pano Toplam Dirençlerinin Hesaplanması.....	77
7.3.1. 1 Nolu panonun toplam direncinin hesaplanması.....	78
7.4. Ocak İçin Gerekli Hava Miktarının Hesaplanması.....	80
7.5. Ocakta Kullanılacak Vantilatör Gücünün Hesaplanması.....	81
7.6. Panolara Gönderilen Havanın Kollara Göre Dağılımı Ve Yeterlilik Analizi.....	82
7.6.1. 1 Nolu panonun hava dağılım analizi.....	82

İÇİNDEKİLER (Devamı)

	<u>Sayfa</u>
8. SU İHRACININ PROJELENDİRİLMESİ.....	86
8.1. 1004 m-1012 m Kotları Arasında Su İhracı İçin Gerekli Tulumba Gücünün Tespiti (1 No Panosunda).....	87
8.2. Su Toplama Havuzları.....	90
9. SONUÇLAR.....	91
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	93

EKLER

1. Sahanın Topografik Haritası
2. Mezarlık ve Sondajların Gösterildiği Topografik Harita
3. İşletme Sınırın Gösterildiği Harita
4. Yeraltı İşletme Sınırının Gösterildiği Harita
5. Kömür izohips Eğrilerinin Gösterildiği Harita
6. Ocak Panolarının Gösterildiği Harita
7. Poligonlara Ayrılmış Sahanın Gösterildiği Harita
8. Üretim Planının Gösterildiği Harita
9. Nakliyat Bantlarının Gösterildiği Harita
10. Ocağın Havalandırma Haritası
11. Ocağın Su İhraç Haritası

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3. 2. 1. Kömür izohips eğrilerinin ve mevcut fayın oluşturulması.....	9
3. 3. 1. Poligon yöntemiyle rezerv hesaplanması.....	10
5. 1. 1. Bir rijit galeri bağın geometrik boyutları.....	16
5. 1. 2. Rijit tahkimat sisteminin idealleştirilmiş statik modeli.....	17
5. 1. 3. DIN 21541 profil normu.....	21
7. 2. 1.1. 1 Nolu panonun hava yolları.....	41
7. 2. 1. 2. 1 Nolu panonun basit direnç diyagramı.....	50
7. 2. 2. 1. 2 Nolu panonun hava yolları.....	52
7. 2. 2. 2. 2 Nolu panonun basit direnç diyagramı.....	53
7. 2. 3. 1. 3 Nolu panonun hava yolları.....	54
7. 2. 3. 2. 3 Nolu panonun basit direnç diyagramı.....	55
7. 2. 4. 1. 4 Nolu panonun hava yolları.....	56
7. 2. 4. 2. 4 Nolu panonun basit direnç diyagramı.....	57
7. 2. 5. 1. 5 Nolu panonun hava yolları.....	58
7. 2. 5. 2. 5 Nolu panonun basit direnç diyagramı.....	59
7. 2. 6. 1. 6 Nolu panonun hava yolları.....	60
7. 2. 6. 2. 6 Nolu panonun basit direnç diyagramı.....	61
7. 2. 7. 1. 7 Nolu panonun hava yolları.....	62
7. 2. 7. 2. 7 Nolu panonun basit direnç diyagramı.....	63
7. 2. 8. 1. 8 Nolu panonun hava yolları.....	64
7. 2. 8. 2. 8 Nolu panonun basit direnç diyagramı.....	65
7. 2. 9. 1. 9 Nolu panonun hava yolları.....	66
7. 2. 9. 2. 9 Nolu panonun basit direnç diyagramı.....	67
7. 2. 10. 1. 10 Nolu panonun hava yolları.....	68
7. 2. 10. 2. 10 Nolu panonun basit direnç diyagramı.....	69
7. 2. 11. 1. 11 Nolu panonun hava yolları.....	70
7. 2. 11. 2. 11 Nolu panonun basit direnç diyagramı.....	71
7. 2. 12. 1. 12 Nolu panonun hava yolları.....	72
7. 2. 12. 2. 12 Nolu panonun basit direnç diyagramı.....	73
7. 2. 13. 1. 13 Nolu panonun hava yolları.....	74
7. 2. 13. 2. 13 Nolu panonun basit direnç diyagramı.....	75

Maden Tetkik ve Arama Bakanlığı
Maden İşleri Genel Müdürlüğü
Maden İşleri Genel Müdürlüğü

ŞEKİLLER DİZİNİ (devamı)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
7. 2. 14. 1. 14 Nolu panonun hava yolları.....	76
7. 2. 14. 2. 14 Nolu panonun basit direnç diyagramı.....	77
7. 3. 1. Seri bağlantı.....	77
7. 3. 2. Paralel bağlantı.....	78
7. 3. 1. 1. 1 Nolu panonun direnç değerlerinin basit direnç diyagramında gösterimi.....	79
7. 6. 1. 1. 1 Nolu panonun hava dağılım diyagramı.....	82
8. 1. 1. 1004 m-1012 m kotları arasındaki su ihraç sisteminin gösterimi.....	94



ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2. 1. 1. Sondaj verileri.....	3
2. 2. 1. Mezarlık sınır koordinatları verileri.....	7
3. 3. 1. Panoların rezerv ve hacim miktarları.....	11
5. 1. 1. Galeri tipleri ve boyutları.....	15
5. 1. 2. Galeri tahkimatında seçilen malzemenin özellikleri.....	21
5. 2. 1. Zemin taşıma gücü katsayıları.....	22
5. 2. 2. Arıoğlu-Yüksel sınıflandırılması.....	23
5. 2. 3. Ayak tahkimatında seçilen malzemenin özellikleri.....	26
6. 2. 1. 1. Zincirli oluğun motor güçleri.....	31
6. 2. 2. 1. Bantların nakliyat uzunlukları ve kot farkları.....	32
6. 2. 2. 2. Lastik bantlı konveyörlerde hareketli kısımların ağırlıkları.....	34
6. 2. 2. 3. Ocaktaki tüm bantların güç değerleri.....	35
7. 1. 1. 1. Kuyu ve demir bağlı galeriler için sürtünme katsayıları.....	38
7. 1. 1. 2. Kuyu ve galeriler için şekil faktörleri.....	38
7. 1. 2. 1. Bazı lokal dirençler için eşdeğer uzunluklar.....	39
7. 1. 3. 1. Damar kalınlığına bağlı ayak dirençleri.....	40
7. 2. 1. 1. 1 Nolu panonun direnç değerleri.....	51
7. 2. 2. 1. 2 Nolu panonun direnç değerleri.....	53
7. 2. 3. 1. 3 Nolu panonun direnç değerleri.....	55
7. 2. 4. 1. 4 Nolu panonun direnç değerleri.....	57
7. 2. 5. 1. 5 Nolu panonun direnç değerleri.....	59
7. 2. 6. 1. 6 Nolu panonun direnç değerleri.....	61
7. 2. 7. 1. 7 Nolu panonun direnç değerleri.....	63
7. 2. 8. 1. 8 Nolu panonun direnç değerleri.....	65
7. 2. 9. 1. 9 Nolu panonun direnç değerleri.....	67
7. 2. 10. 1. 10 Nolu panonun direnç değerleri.....	69
7. 2. 11. 1. 11 Nolu panonun direnç değerleri.....	71
7. 2. 12. 1. 12 Nolu panonun direnç değerleri.....	73
7. 2. 13. 1. 13 Nolu panonun direnç değerleri.....	75
7. 2. 14. 1. 14 Nolu panonun direnç değerleri.....	77
7. 3. 1. 1. 1 Nolu panonun direnç değerleri.....	78

ÇİZELGELER DİZİNİ (devamı)

<u>Sekil</u>		<u>Sayfa</u>
7. 3. 2.	Ocaktaki tüm panoların toplam dirençleri.....	85
7. 6. 1. 1.	1 no panosu hava dağılım analizi sonuçları.....	84
7. 6. 1. 2.	Ocaktaki tüm panoların hava dağılım analiz sonuçları.....	85
8. 1. 1.	Ocak için seçilen pompaların özellikleri.....	89



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
a	Galeri uzunluğu, m.
d	Direk taban çapı, m.
k	Galeri sürtünme katsayısı, kg/m^3 .
ℓ	Galeri uzunluğu
L	Galeri genişliği, m.
L_A	Ayak uzunluğu, m.
L_N	Bant uzunluğu, m.
L_O	Oluk hızı, m/s.
m	Ortalama damar kalınlığı, m.
N_P	Pompanın motor gücü, kW.
N_V	Vantilatörün motor gücü, kW.
Q	Ocak için gerekli hava miktarı, m^3/s .
v	Oluk hızı, m/s.
V	Bant hızı, m/s.
V_P	Ortalama su hızı, m/s.
γ	Zemin yoğunluğu, ton/m^3 .
γ_K	Kömür yoğunluğu, ton/m^3 .
σ_{em}	Çeliğin emniyet gerilmesi, kg/cm^2 .
σ_T	Tavan basıncı, ton/m^2 .

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
T.K.İ.	Türkiye Kömür İşletmeleri
G.L.İ.	Garp Linyitleri İşletmesi
E.L.İ.	Etibank Linyit İşletmeleri
D.P.Ü.	Dumlupınar Üniversitesi
İ.T.Ü.	İstanbul Teknik Üniversitesi

1. GİRİŞ

Kömür, çoğunlukla karbon, hidrojen ve oksijenden oluşan az miktarda kükürt ve azot içeren, kimyasal ve fiziksel olarak farklı yapıya sahip bir maden ve kayadır. Diğer içerikleri ise kül teşkil eden inorganik bileşikler ve mineral maddelerdir [9].

Enerji hammaddeleri içinde önemli bir yere sahip olan kömür dünyada geniş rezervlere ve yaygın tüketim alanlarına sahiptir. Kömürleşme süreci ve yataklanma, nem içeriği, kül ve uçucu madde içeriği, sabit karbon miktarı, kükürt ve mineral madde içeriklerinin yanı sıra jeolojik, petrografik, fiziksel, kimyasal ve termik özellikler yönünden kömürler çok çeşitlilik gösterirler. Bu durum bir çok ülkede kömürlerin birbirine benzer özellikler ve yakın değerler temelinde sınıflandırılmasını zorunlu kılmıştır. Genel olarak kömürler; linyit, taşkömürü, asfaltit ve bitümlü şist şeklinde sınıflandırılmıştır [10].

Günümüzde, dünya enerji gereksiniminin % 80'i kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtlarca, geri kalan % 20'si de başta hidrolik ve nükleer enerji olmak üzere, hayvan, bitki atıkları, rüzgar, güneş, jeotermal gibi kaynaklardan karşılanmaktadır. Fosil yakıtların dünyada bilinen rezerv dağılımları petrol eşdeğeri olarak % 68 kömür, % 18 petrol, % 14 doğal gaz olarak hesaplanmaktadır. Buna göre; bilinen petrol rezervlerinin ömrü 45 yıl, doğal gazın 65 yıl, kömürün ise 240 yıldır [12].

Dolayısıyla, kömür insanoğlunun yaşamında önemli bir yer tutar. Ülkemizde ve dünyada kömür, demir-çelik ve çimento imalatında, endüstriyel proseslerde buhar üretmek ve ısınma amacı ile kullanılır. Dünyada elektrik üretiminin yaklaşık olarak % 40'ı kömürden sağlanmaktadır. Birçok ülkede enerjinin önemli bir bölümü kömürden elde edilmektedir. Bu oran ABD'de ve Almanya'da %53, Yunanistan'da %69, Çin'de %75, Danimarka'da %77, Avustralya'da %83, Güney Afrika'da %93, Polonya'da %95'dir. Türkiye'de ise elektrik enerjisinin %32'si kömürden elde edilmektedir [11].

Kömür madenciliği 18.yüzyıldan sonra hız kazanmıştır. Kömür, açık işletme ve kapalı işletme olarak iki ana yöntemle üretilir [11].

Türkiye linyit üretiminin yaklaşık %90'ı açık işletme yöntemiyle gerçekleştirilmektedir. Üretilen kömür rezervlerimizin %90'ı açık işletmeciliğe uygundur. Açık işletme yöntemi ile üretilen kömür oluşumlarında büyük kapasiteli kazıcılar, yükleyiciler ve kamyonlar kullanılmakta olup, yüksek kapasiteli iş makineleri teknolojisindeki gelişmeler ülkemiz açık işletme üretimlerinde de büyük gelişmeler sağlamıştır. Dünyada uygulanan açık işletme

yöntemleri ve gelişmiş iş makineleri ülkemizde de önemli düzeyde kullanılmaktadır. Açık işletmecilikte iki önemli sistem olan [11];

a) Sürekli Sistem: Türkiye Taş Kömürü İşletmeleri (T.K.İ), Elbistan açık işletmesinde her biri 300 m³/h kazı-yükleme kapasitesinde 6 adet döner kepçeli ekskavatör ile her biri 5600 m³/h malzeme dökme kapasitesine sahip 5 adet dökücü, teorik kapasitesi 10500 ton/h olan 30 km uzunlukta bant konveyör hattı bulunmaktadır.

b) Süreksiz Sistem: Dragline ekskavatör-şovel ekskavatör-kamyon ve hidrolik ekskavatör-yükleyici-kamyon sistemleri, TKİ açık işletmelerinde uzun süredir uygulanmaktadır.

Ülkemizde yeraltı işletmecilik yöntemi olarak, uzun ayak işletmecilik yöntemi yaygın olarak kullanılmakta olup, oda-topuk yöntemi kullanılmamaktadır. Damar koşullarına göre uzun ayak yöntemleri de farklı şekiller almaktadır. Örnek olarak, TKİ işletmelerinde arkadan blok göçertmeli geri dönümlü uzun ayak (Tunçbilek), arakat göçertmeli uzun ayak gibi değişik yöntemler uygulanmaktadır [11].

Bu çalışma, bir yeraltı işletme projesidir. Tunçbilek kömür sahasındaki bir bölgede yapılan bu projenin amacı, yeraltı işletme yöntem ve ekipmanları kullanılarak kömür üretimini sağlamak ve ülke ekonomisine katkıda bulunmaktır.

Günümüzde enerji hammaddeleri içinde önemli bir yere sahip olan kömür dünyada, elektrik enerjisi üretiminde, endüstriyel uygulamalarda ve ısınmada kullanılmaktadır. Ülkemizde ise daha çok ısınmada ve elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Dolayısıyla, dünya ve ülkemizde son derece önemli bir yere sahip olan bu madenin üretimi ve pazarlanması gerek ekonomik gerekse ticari bakımdan önemli avantajlar sağlamaktadır.

Bu çalışma, bir yeraltı işletme projesidir. Tunçbilek kömür sahasındaki bir bölgede, yeraltı işletmecilik yöntemi uygulanarak kömür üretimini sağlamak amaçlanmıştır. Bunun için, çeşitli teknik ve deneysel verilerden yararlanarak, işletmede kullanılacak ekipman ve yöntemler belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda üretilecek kömür, ülke ekonomisine gerek istihdam gerekse katma değer bakımından önemli katkılar getirecektir.

2. PROJE SAHASININ TOPOGRAFYASI

Proje sahası, bir linyit sahasıdır. Bu saha, Kütahya ili hudutları içinde olup, Tavşanlı ilçesinin 10 km batısında yer almaktadır. Ayrıca, Tunçbilek linyit havzasına oldukça yakındır. Dolayısıyla, gerek topografik gerekse yeraltındaki kömürün konumu bakımından Tunçbilek linyit havzasının karakteristik özelliklerini taşımaktadır.

Sahanın topografyasını çıkarmak için ayrı bir çalışma yapılmamıştır. Yani, tez çalışmasına başlandığında, sahanın topografyası önceden elde edilmişti. Ek-1’de görüldüğü gibi, sahanın topografyası 1/1000 ölçekli haritaya aktarılmıştır.

Sahanın topografik haritası (Ek-1) üzerine, mezarlık ve sondajlar yerleştirilmiştir. Böylece, üzerinde madencilik yapılacak sahanın durumu ve konumu ortaya konulmuştur (Ek-2).

2.1. Saha Sondajlarının Topografik Harita Üzerine Aktarılması

Sahada yapılan sondajların verileri Çizelge 2.1.1’de verilmiştir. Çizelge 2.1.1’deki sondajların, X-Y koordinatlarına bağlı olarak topografik harita üzerine aktarılmıştır. Ek-2’de görüldüğü gibi kömür kesmeyen sondajlar, sondaj numaraları üstte olmak şartıyla içi boş dairelerle gösterilmiş olup dairelerin alt kısmına ise sondajın Z kotu ve kömür yok anlamına gelen “K.yok” ifadesi yazılmıştır. Kömür kesen sondajlar da içi dolu dairelerle gösterilmiş olup dairelerin üst kısmına sondaj numaraları, alt kısmına da sondajın Z kotu, kömür tavan ve taban kot değerleri yazılmıştır.

Çizelge 2.1.1 Sondaj verileri

Sondaj toplamı	Sondajın numarası	Y (m)	X (m)	Z (m)	Kömür tavan kotu (m)	Kömür taban kotu (m)	Sondaj derinliği (m)	Kömüre giriş derinliği (m)	Kömür kalınlığı (m)
1	1	3469	4842	1061.96	0	0	6.5	0	0
2	2	3492	4868	1064.22	0	0	6.5	0	0
3	3	3493	4859	1064.13	0	0	5	0	0
4	4	3521	4874	1066.56	0	0	10	0	0
5	5	3538	4851	1070.02	0	0	8	0	0
6	6	3513	4835	1067.79	0	0	9	0	0
7	7	3487	4815	1064.57	0	0	7.5	0	0
8	8	3507	4793	1067.21	0	0	7	0	0
9	9	3531	4811	1070.71	0	0	11	0	0
10	10	3555	4828	1072.45	1061.75	1061.45	11.3	10.7	0.3

Çizelge 2.1.1 Sondaj verileri (devamı)

Sondaj toplamı	Sondajın numarası	Y (m)	X (m)	Z (m)	Kömür tavan kotu (m)	Kömür taban kotu (m)	Sondaj derinliği (m)	Kömüre giriş derinliği (m)	Kömür kalınlığı (m)
11	11	3572	4805	1076.38	1057.48	1056.88	20.6	18.9	0.6
12	12	3548	4788	1074.22	1058.02	1057.62	20	16.2	0.4
13	13	3525	4768	1071.18	1063.48	1063.28	11.5	7,7	0.2
14	14	3544	4745	1074.31	1056.61	1056.01	20	17.7	0.6
15	15	3565	4764	1077.73	1056.38	1055.53	26	21.35	0.85
16	16	3593	4783	1082.2	1054.6	1053.3	30	27.6	1.3
17	17	3611	4757	1086.96	1048.16	1045.56	45.5	41.8	2.6
18	18	3587	4736	1083.27	1052.27	1050.77	33	31	1.5
19	19	3562	4721	1078.34	1055.48	1055.03	24	22.5	0.45
20	20	3580	4697	1080.99	1054.89	1054.69	31	26.1	0.2
21	21	3605	4713	1088.25	1049.75	1048.05	41.5	38.5	1.7
22	22	3626	4734	1095.05	1042.65	1040.5	56.55	52,4	2,15
23	23	3651	4775	1098.96	1041.96	1039.41	60	57	2,55
24	24	3632	4778	1093	1046.28	1044.68	50	46.72	1.6
25	25	3616	4798	1088.74	1056.24	1055.49	35	32.5	0.75
26	26	3598	4674	1082.4	1047.65	1047.6	37	34.75	0.05
27	27	3620	4691	1086.28	1043.28	1042.08	45.2	43	1.2
28	31	3639	4668	1084.39	1039.39	1037.19	48	45	2.2
29	32	3664	4684	1089.78	1033.48	1028.98	66	56.3	4.5
30	36	3680	4661	1089.82	1031.07	1028.07	65	58.75	3
31	38	3647	4606	1096.38	1043.38	1041.98	56	53	1.4
32	39	3676	4618	1092.46	1034.96	1033.26	60	57.5	1.7
33	41	3721	4624	1095.8	1027.3	1022.5	74	68.5	4.8
34	42	3669	4578	1095.39	1038.39	1036.39	60	57	2
35	43	3666	4526	1095.86	1041.61	1040.11	57.5	54.25	1.5
36	44	3725	4501	1104.34	1022.64	1017.84	88.5	81.7	4.8
37	45	3706	4526	1106.45	1028.95	1024.45	77	71.5	4.5
38	46	3713	4573	1099.64	1023.44	1018.64	82	76.2	4.8
39	47	3803	4620	1103.85	1028.35	1024.1	80.8	75.5	4.25
40	48	3748	4622	1098.39	1021.59	1017.39	81.5	76.8	4.2
41	49	3764	4663	1100.92	1028.42	1023.42	88	72.5	5
42	50	3766	4725	1107.04	1043.54	1039.54	69	63.5	4
43	51	3734	4755	1106.52	1041.12	1036.52	70.5	65.4	4.6
44	52	3709	4784	1104.41	1042.91	1040.11	65.5	61.5	2.8
45	53	3852	4717	1107.7	1081.9	1081.7	28.5	25.8	0.2

Çizelge 2.1.1 Sondaj verileri (devamı)

Sondaj toplamı	Sondajın numarası	Y (m)	X (m)	Z (m)	Kömür tavan kotu (m)	Kömür taban kotu (m)	Sondaj derinliği (m)	Kömüre giriş derinliği (m)	Kömür kalınlığı (m)
46	54	3865	4776	1110.19	0	0	20.5	0	0
47	55	3891	4853	1110.24	0	0	21	0	0
48	56	3906	4936	1109.73	0	0	16.5	0	0
49	57	3736	4439	1106.4	1030.4	1026.4	84	76	4
50	58	3801	4439	1100.28	0	0	21	0	0
51	59	3813	4390	1099.15	1018.65	1013.35	86	80.5	5.3
52	60	3774	4347	1104.8	1036.8	1031.1	73	66	5.7
53	61	3780	4314	1102.43	1037.73	1033.73	70.5	64.7	4
54	62	3873	4373	1088.89	1013.89	1006.49	83	75	7.4
55	63	3828	4298	1090.31	1024.81	1019.81	71.5	65.5	5
56	64	3879	4321	1072.84	1014.84	1010.24	69.5	58	4.6
57	65	3712	4396	1112.86	1047.36	1043.86	71	65.5	3.5
58	66	3698	4395	1116.75	1054.75	1054.15	63.5	62	0.6
59	67	3758	4892	1091.21	1049.71	1047.71	45.5	41.5	2
60	68	3787	4877	1094.1	1053.4	1051.9	45	40.7	1.5
61	69	3811	4862	1098.94	1060.24	1058.84	43	38.7	1.4
62	70	3647	4638	1088.09	1038.09	1036.09	53	50	2
63	71	3681	4717	1097.53	1036.03	1032.03	69	61.5	4
64	72	3722	4707	1102.24	1031.74	1027.74	76.5	70.5	4
65	73	3765	4696	1104.32	1036.82	1033.82	73	67.5	3
66	74	3807	4687	1106.9	1043.1	1042.9	71	63.8	0.2
67	75	3810	4742	1108.93	1050.93	1050.83	60	58	0.1
68	76	3775	4766	1108.14	1049.64	1048.24	64	58.5	1.4
69	77	3741	4789	1106.44	1044.94	1042.74	65.5	61.5	2.2
70	78	3735	4839	1102.6	1048.7	1047.7	57.5	53.9	1
71	79	3774	4816	1105.65	1053.15	1051.65	57.5	52.5	1.5
72	80	3822	4787	1108.3	1061.8	1061.6	47.8	46.5	0.2
73	81	3644	4481	1097.7	1053	1051.4	47.5	44.7	1.6
74	82	3681	4462	1102.67	1048.17	1045.77	58.5	54.5	2.4
75	83	3629	4441	1099.38	0	0	40.5	0	0
76	84	3660	4418	1106.17	1062.84	1060.84	52.2	49.2	2
77	85	3647	4392	1107.06	1064.26	1063.46	44.5	42.8	0.8
78	86	3609	4379	1105.26	0	0	42	0	0
79	87	3579	4383	1103.58	0	0	45	0	0
80	91	3769	5075	1089	1071	1070.3	20	18	0.7

Çizelge 2.1.1 Sondaj verileri (devamı)

Sondaj toplamı	Sondajın numarası	Y (m)	X (m)	Z (m)	Kömür tavan kotu (m)	Kömür taban kotu (m)	Sondaj derinliği (m)	Kömüre giriş derinliği (m)	Kömür kalınlığı (m)
81	92	3750	4995	1084	1062.84	1061.14	23	21.16	1.7
82	93	3824	4933	1093	0	0	35	0	0
83	94	3718	4924	1083	1054	1052.3	30	29	1.7
84	95	3652	4877	1083	1062	1060.7	23	21	1.3
85	96	3599	4849	1077	1059	1058	20	18	1
86	97	3682	4819	1110	1064	1062.4	48	46	1.6
87	98	3815	5121	1096	0	0	40	0	0
88	100	3927	4532	1070	1045	1041	29	25	4
89	101	3952	4470	1050	1035	1031	19	15	4
90	102	3990	4355	1055	1025	1021	34	30	4
91	103	3669	4278	1066	1013	1009	57	53	4

Sahada, toplam 91 tane sondaj yapılmıştır. Bu sondajlardan 18 tanesi (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 54, 55, 56, 58, 83, 86, 87, 93, 98 numaralı sondajlar) kömür kesmemiştir. Kömür kesmeyen sondajlar; kömür tavan kotu, kömür taban kotu, kömüre giriş derinliği ve kömür kalınlık değerleri sıfır ile gösterilmiştir (Çizelge 2.1.1). Kömür kesen sondajlarsa, her kolonda belli değerler almıştır (Çizelge 2.2.1).

2.2. Mezarlık Koordinatlarının Topografik Haritaya Aktarılması

Sahada bir adet mezarlık bulunmaktadır. Bu çalışmada, üretim yöntemi olarak, yeraltı işletme yöntemi seçilmesinin nedeni, sahadaki bu mezarlıktır. Çünkü, umuma ait olan bir mezarlığın üzerinde, açık işletmecilik çalışmaları gibi, madencilik çalışmalarının yapılması ya da bu nedenle mezarlığın kaldırılması madencilik kanununa göre yasaklanmıştır [8]. Bu nedenle, mezarlık sınırları altında kalan kömürü çıkarmak için, yeraltı üretim yöntemi seçilmiştir.

Çizelge 2.2.1'de, mezarlık sınırlarının topografik koordinatları verilmiştir. Mezarlık sınırı, iç sınır ve dış sınır olarak sınırlandırılmıştır. İçi sınır, mezarlıkların bulunduğu alanı sınırlamıştır. Maden kanunu, bir maden işletmesinde yapılan açık işletmecilik çalışmalarının 60 m'ye kadar sınırlamıştır [8]. Bu nedenle, iç sınırın 60 m ötesinde, içi sınırı da içine alan yeni bir dış sınır oluşturulmuştur. Çizelge 2.2.1'deki, mezarlık sınırlarının, X-Y koordinat noktaları saha

topografyası üzerine aktarılmıştır. Böylece, topografik haritaya (Ek-1) aktarılan her nokta birbirleriyle birleştirilerek mezarlık için ve dış sınırları oluşturulmuştur (Ek-2).

Çizelge 2.2.1 Mezarlık sınır koordinat verileri

İÇ SINIR		
X (m)	Y (m)	Z (m)
3827	4597	1100
3790	4613	1100
3740	4547	1100
3725	4455	1100
3785	4444	1100
3827	4597	1100
DIŞ SINIR		
X (m)	Y (m)	Z (m)
3813	4382	1100
3842	4418	1100
3889	4547	1100
3873	4643	1100
3797	4676	1100
3752	4663	1100
3684	4572	1100
3663	4450	1100
3688	4402	1100
3813	4382	1100

3. KÖMÜR SAHASI SINIRININ OLUŞTURULMASI

Ek-2'deki gibi, mezarlık ve sondajlar saha topografyası üzerine yerleştirildikten sonra, sahadaki kömürün sınırı belirlenmiştir. Bunun için; sondaj ve mezarlık sınırının x, y koordinatları, ölçeği 1/2000 olan bir harita üzerine yansıtılmıştır. Bu harita, mevcut sondaj ve mezarlık koordinat değerlerine bağlı olarak y eksenini 3400 ile 4200 arasında, x eksenini ise 4200 ile 5200 arasında değerler almaktadır. Kömür kesmeyen sondajlar içi boş dairelerle, kömür kesen sondajlar içi dolu dairelerle gösterilmiştir. Ayrıca, sondaj numaraları üstte olmak şartıyla, kömür kesen sondajların altına kömür tavan ve taban kot değerleri yazılmıştır. Kömür kesmeyen sondajların altına ise "kömür yok" anlamına gelen "K.Yok" ifadesi yazılmıştır. En dışta bulunan, kömür kesen sondajlar birbirleri ile birleştirilerek, sahanın rezerv sınırları oluşturulmuştur (Ek-3).

3.1. Yeraltı İşletme Sınırının Oluşturulması Ve Yöntem

Ek-3'de görüldüğü gibi, kesikli çizginin altında bulunan, kırmızı ile boyanmış alan, yeraltı işletme alanıdır. Hukuki olarak karşılaşılan problem, mezarlıktır. Dolayısıyla, mezarlığın altında kalan kömürü çıkarmak için yeraltı madenciliği yapılacaktır. Bu nedenle, yeraltı işletme sınırı, mezarlık dış sınırına mümkün olduğunca yakın tutulmuştur. Bunun yanında, bu sınır oluşturulurken, kömürün yüzeyden en derinde olduğu sondajlar ve kömür taban kot değerlerinin birbirine en yakın olan sondajlar da dikkate alınmıştır.

Yeraltı işletme sınırı içinde kalan sondajlar, 1/1000 ölçekli harita (Ek-4) üzerine yansıtılmış ve bu harita üzerinde kömür izohips eğrileri oluşturulmuştur.

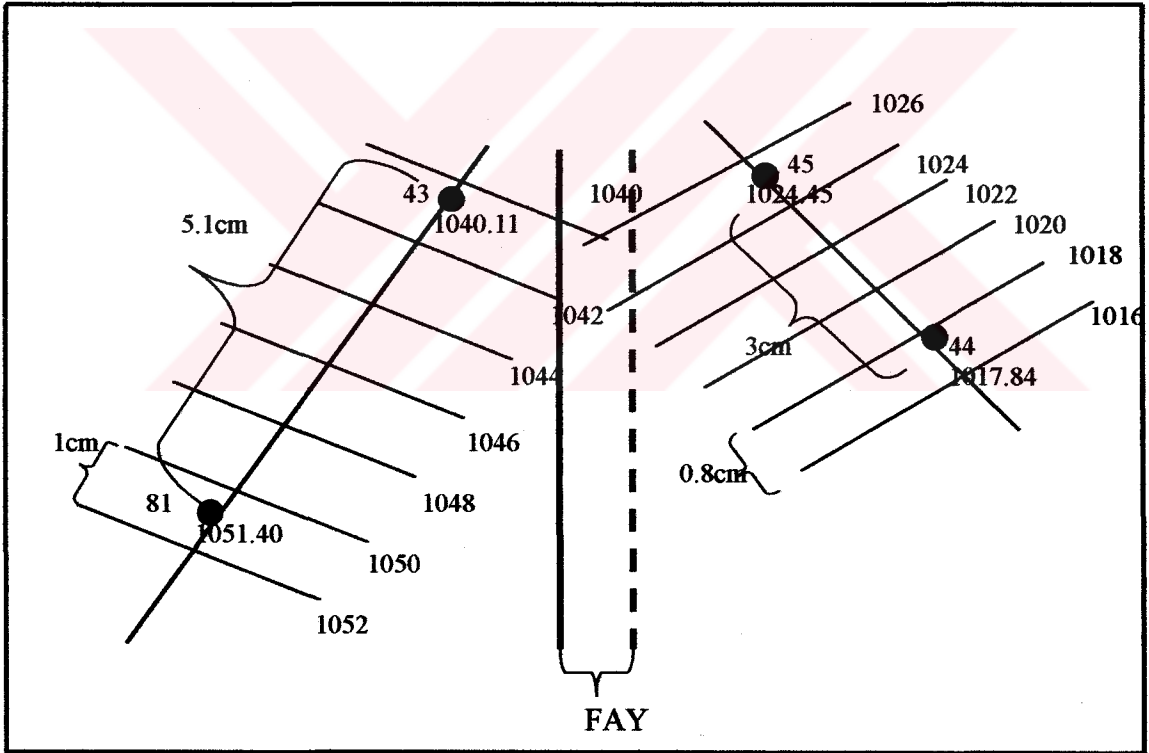
3.2. Kömür İzohips Eğrilerinin Oluşturulması

Kömür izohips eğrileri; sahadaki kömürün konumunu, yüzeye olan mesafesini, sahanın jeolojik ve tektonik durumunu belirlemede bize önemli bir avantaj sağlar. Çünkü, sahadaki kömürün durumunu bilmek, uygulanacak üretim yöntemini, nakliyat sistemini havalandırma sistemini, su ihraç sistemlerini, kısacası yeraltı ve yerüstü tesislerinin tasarımını yapmada doğrudan veya dolaylı olarak bize yardımcı olur. Ayrıca, sahanın jeolojik yapısını bilmek, üretim panolarının ve kurulacak ayakların oluşturulmasında önemlidir [7].

Kömür izohips eğrileri oluşturulurken; yeraltı işletmesi sınırı içinde bulunan sondajların kömür taban kot değerleri dikkate alınmıştır. Şekil 3.2.1'de, kömür izohips eğrilerinin ve mevcut fayın oluşturulması gösterilmiştir.

İlk olarak; 43, 44, 45, 81 numaralı sondajlar üzerinde çalışma yapılmıştır. 43 numaralı sondajın kömür taban kotu 1040.11, 44 numaralı sondajın 1017.84, 45 numaralı sondajın 1024.45, 81 numaralı sondajın 1051.40'dır. Bu değerlere bağlı olarak 43 ile 81 numaralı sondajlar, 44 ile 45 numaralı sondajlar birbirlerine en yakın sondajlardır. Her iki sondajlar arasında mesafeye bağlı olarak ve bu sondajların kömür taban kot değerlerini karşılayacak şekilde eşit aralıklı çizgiler çizilmiştir. Bu çizgiler ikişer ikişer artırılmış veya azaltılmıştır. Çizgilerin gösterdiği kot değerleri de üzerilerine yazılmıştır.

Bu işlemler yapıldıktan sonra, mevcut fay belirlenmiştir. 43 ve 81 numaralı sondajların kestiği kömür, 44 ve 45 numaralı sondajların kestiği kömüre göre daha yüksek kottadır (Şekil 3.2.1). Faydaki kesikli çizgi, düşük kottaki kömür izohips eğrilerinin bulunduğu taraftan, düz çizgi ise yüksek kottaki kömür izohips eğrilerinin bulunduğu taraftan çizilmiştir.

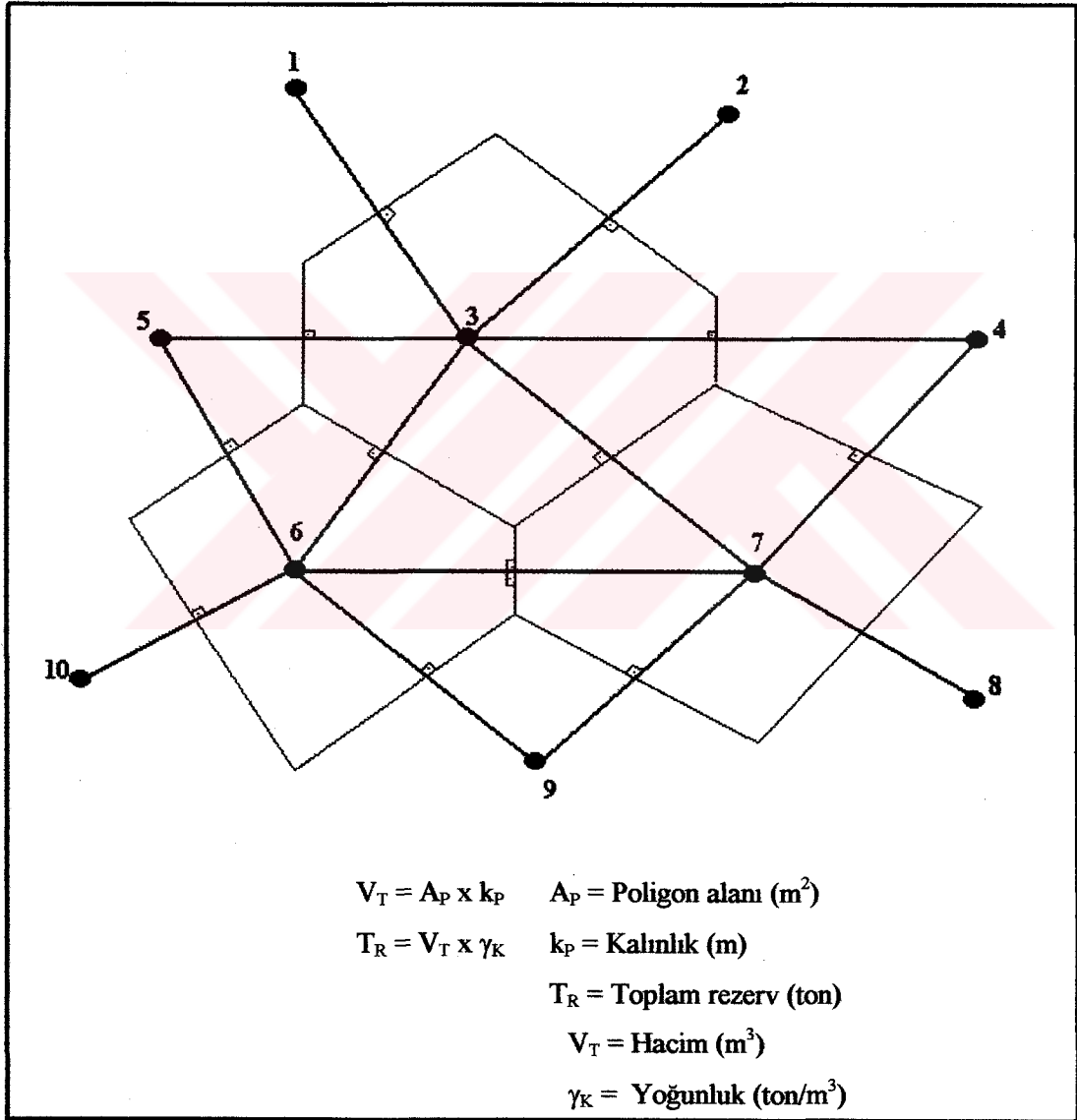


Şekil 3.2.1 Kömür izohips eğrilerinin ve mevcut fayın oluşturulması

Bu işlem Ek-4'deki tüm sondajlar için yapılmıştır. Böylece, sahanın izohips eğrileri ve fayları belirlenmiştir (Ek-5). Fay sınırlarına bağlı olarak üretim panoları oluşturulmuş ve her oluşturulan üretim panolarına numaralar verilmiştir (Ek-6). Oluşturulan ocak üretim panoları üzerinde rezerv hesabı yapılmıştır.

3.3. Rezervin Hesaplanması

Sahanın rezervi, poligon yöntemi ile hesaplanmıştır (Şekil 3.3.1). Bu yöntemin esası; sondajlar birleştirilerek üçgenler oluşturulur ve üçgenlerin kenar orta dikmeleri çizilerek poligonlar meydana getirilir. Oluşan poligonlar, sondajların etki alanı olarak tanımlanır. Poligon alanı, o poligona ait sondajdaki kalınlıkla çarpılarak hacim elde edilir. Bulunan hacim de yoğunlukla çarpılarak o poligona ait tonaj bulunur [1].



Şekil 3.3.1 Poligon yöntemiyle rezerv hesaplanması [1]

Sahanın rezervi hesaplanırken; panolara ayrılmış sahanın gösterildiği harita (Ek-6) bir aydınlar üzerine çizilmiş ve poligonlara ayrılan sahanın gösterildiği harita (Ek-7) ile üst üste getirilmiştir. Böylece, her pano içinde kalan sondajların etki alanı hesaplanmıştır.

Pano alanı ile pano içinde kalan sondajların ortalama kömür kalınlığı çarpılarak, o panonun hacmi bulunmuştur. Bulunan bu hacim ile kömür yoğunluğu çarpılarak, o panonun kömür (rezerv) miktarı hesaplanmıştır (Çizelge 3.3.1). Yapılan bu çalışmalar sonunda, sahadan çıkartılacak kömür miktarı 606 646 ton bulunmuştur.

Çizelge 3.3.1 Panoların rezerv ve hacim miktarları

Pano No	Yoğunluk (ton/m ³)	Hacim (m ³)	Kömür (Rezerv) Miktarı (ton)
1	1.4	44 667	62 534
2	1.4	33 990	47 586
3	1.4	49 007	68 610
4	1.4	14 303	20 024
5	1.4	4 620	6 468
6	1.4	100 248	140 347
7	1.4	34 203	47 884
8	1.4	6 752	9 453
9	1.4	45 346	63 484
10	1.4	37 661	52 725
11	1.4	26 111	36 555
12	1.4	9 749	13 649
13	1.4	13 213	18 498
14	1.4	13 449	18 829
TOPLAM		433 319	606 646

4. ÜRETİM PLANLAMASI

4.1. Üretim Yöntemi Seçimi

Ocakta planlanan üretim yöntemi, göçertmeli uzun ayak yöntemidir. Bu yöntemin esası ayak arkası tavanının göçertilmesi prensibine dayanır. Göçertme işleminin daima düzenli bir şekilde yapılması, mümkünse her have ilerlemesinden sonra ayak arkasının da aynı miktar göçertilmesidir. Ayak arkasının göçertilmesi ile tavanın askıda kalarak kazı arınma büyük basınçların gelmesinin önüne geçilmekte, dolayısıyla rahat bir çalışma ortamı elde edilmektedir. Kömür alındıktan sonra tavanın geçerek açılan boşluğu iyi bir şekilde doldurması, ancak tavanın mümkün olduğu kadar yüksek verimde kırılmasıyla mümkün olur. Kırılmış kayacın kapladığı hacim, yerindeki kayaca oranla daha fazla olduğundan, boşluğun göçükle dolması kolaylaşır ve daha üst tabakaların üzerine oturacağı bir destek veya yatak meydana gelmiş olur. Tavanın askıda kaldığı, göçmediği durumlarda, basınç birikiminden dolayı tehlikeli durumlar meydana gelir. Bu durumda, göçertmeyi sağlamak için tavana delikler açarak patlayıcı madde kullanılması zorunluluğu vardır [7].

Göçertmeli uzun ayağın en önemli üstünlüğü, dolgu malzemesine gereksinme göstermemesinden dolayı ayak uzunluğuna ve günlük ilerleme miktarına bağlı olmamasıdır. Tahkimat yoğunluğu fazla tutulabildiğinden dolayı tavan daha iyi bir şekilde kontrol edilmekte, dolayısıyla taş düşme tehlikesi de daha az olmaktadır [7].

En önemli sakınca olarak da, yeryüzünde görülen çökmeler ve yeraltında hava dönüş yolundaki arızalardır. Çökmeye yakın bölgelerde yeryüzünün arızalanmasından dolayı meydana gelen ek masrafların, göçertmeli yöntemin uygulanması ile elde edilecek kazanç ile karşılanıp karşılanmayacağıın hesaplanması gerekir. Tahkimat yoğunluğunun %20-25 kadar daha fazla olması ile tahkimat işleri de buna paralel olarak artacaktır. Genellikle kazı randımanı tam dolgulu yöntemle kıyasla daha azdır. Buna karşın ince kömür miktarının ve toz meydana gelişinin az olması, yöntemin üstünlükleri olmaktadır [7].

4.2. Üretim Planı

Ocağın üretim planı, Ek-8'de görüldüğü gibi haritalandırılmıştır. Bu haritada, yeşile boyanmış kısımlar ana galerileri yollarını, sarıya boyanmış kısımlar ise pano ayak yollarını göstermektedir. Bu yollar, nakliyat zorluklarını gidermek için 20°'yi geçmeyecek şekilde planlanmıştır.

Aşağıdaki ocak verileri, formüllerde yerine konularak, üretim panolarında oluşturulacak ayakların optimum genişliği hesaplanmıştır.

Ocak verileri;

- 1) Yıllık üretim miktarı ($Y_{\bar{U}}$) : 50 000 ton/yıl
- 2) Yılda çalışılacak gün sayısı (Y_G) : 300 gün/yıl
- 3) Günlük üretim miktarı : 166 gün/yıl
- 4) Ortalama damar kalınlığı (m) : 4 m
- 5) Kömür yoğunluğu (γ_K) : 1.4 ton/m³
- 6) Yeraltı işletme verimi (Y_V) : %75
- 7) Çelik tahkimat için tahkimat faktörü (f_C) : 1.25 m/gün

a) 1 m²'den üretilcek kömür miktarı (J) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır. [1]

$$J = m \times \gamma_K \times Y_V \dots\dots\dots(4.2.1)$$

$$J = 4 \times 1.4 \times 0.75$$

$$J = 4.2 \text{ ton/m}^2$$

Burada;

J : 1 m²'den üretilcek kömür miktarı (ton/m²)

m : Ortalama damar kalınlığı (m)

γ_K : Kömür yoğunluğu (ton/m³)

Y_V : Yeraltı işletme verimi. Hesaplamalarda, Y_V : 0.75 alınmıştır.

b) Ayak uzunluğu (L_A) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır. [1]

$$L_A = \frac{Y_{\bar{U}}}{Y_G \times f_C \times J} \dots\dots\dots(4.2.2)$$

$$L_A = \frac{50000}{(300) \times (1.25) \times (4.2)}$$

$L_A = 32 \text{ m' dir.}$

Burada;

L_A : Ayak uzunluğu (m)

$Y_{\bar{U}}$: Yıllık üretim miktarı (ton/yıl)

Y_G : Yılda çalışılacak gün sayısı (gün/yıl)

f_C : Çelik tahkimat için tahkimat faktörü (m/gün)

Bu sonuca göre, üretim panolarında oluşturulacak ayakların genişliği 32 metre bulunmuştur.

Üretim 1 numaralı panodan başlayarak, sırasıyla, 2-6-5-4-3-7-8-12-13-11-9-10-14 numaralı panolar şeklinde devam ettirilmesi planlanmıştır. Ocak panolarında üretim ve hazırlık aynı anda yapılacaktır. Yani, 1 numaralı panoda üretim devam ederken, 2 numaralı panonu hazırlıkları yapılacaktır (Ek-8).

4.3. İş Organizasyonu

Pano hazırlıklarında 15 işçi, üretim aşamasında da 30 işçi olmak üzere toplam 45 işçi çalıştırılacaktır. Ayaklarda bir have ilerleme düşünülmüştür. Bunun için; ayna çalışması, tahkimatın sökülmesi, arka kömürün alınması, oluk haveesi ve zincirli konveyörün taşınması çalışmaları yapılması planlanmıştır.

Bir have ilerleme yapmak için, önce ayna kazılarak tahkimatlar yerleştirilir. Bunun için sarmalar aynaya dik olacak şekilde yerleştirilir. Arka temizliği yapıldıktan sonra üçüncü sıra tahkimatlar sökülür. Arka kömür almır ve arka taraf göçertilir. Arka kömürün alınması bittikten sonra konveyörün bir ön haveye alınması gerekir. Bunun için arın taranarak kazınır ve aynada konveyörün sığabileceği yer açılır. Ayak ortasında bulunan zincirli oluk sökülerek ön havede açılmış olan yere taşıyıp montaj yapılır. Ayaklar iki have ilerleyince ayak arkasına belirli aralıklarla domuz damları konulur [4].

4.4. Delme Ve Patlatma

Delik delme işlemi için, 160 cm'lik burgularla, 1.5 metre derinliğinde delinecek deliklere uygun miktarda dinamit yerleştirildikten sonra yapılacak ateşleme ile 1.5 metrelik ilerleme sağlanacaktır. Delik düzeni şaş beş, delikler arası yatay mesafe 1 metre, düşey mesafe 1.3 metre olacaktır. 10 delik 1 saatte delinecektir. Bir seferde ateşlenecek delik 5 adet olacaktır. Delme ve patlatma sırasında 2 adet işçi kullanılacaktır. Ayrıca, ayaklarda atım sırasında hidrolik donanımlarda, konveyörlerde ve çeşitli elektrik aksamında karşılaşılabilecek sorunlar için 2 adet mekanik ve 1 adet elektrik ustası çalıştırılacaktır.

5. TAHKİMAT SİSTEMİ

Ocakta tahkimat malzemesi olarak çelik kullanılacaktır. Çelik, tahkimat malzemesi olarak uzun süredir madenlerde, yeraltı açıklarının tutulmasında ahşap malzemenin yerini almış bulunmaktadır. Çelik malzeme pahalı olmasına karşın diğer tahkimat malzemelerine (ağaç, beton) oranla homojen ve izotrop özelliktedir. Çelik; çeşitli direnç, şekil ve boyutlarda imal edilebilir. Doğal şartlardan, diğer malzemelere göre daha az etkilenir. Aşırı deformasyona uğrayan çelik tahkimat düzeltilerek tekrar kullanılabilir [2].

Bu bölümde, ocağın galeri tahkimat tasarımı, ayak tahkimat tasarımı ve bırakılacak topukların genişliği; çeşitli formüller, çizelgeler ve şekiller aracılığıyla hesaplanmıştır. Ancak, bu hesaplamalar için formasyonda bir takım kaya mekaniksel deneylerin yapılması gerekmektedir. Bu deneylerin sonuçları, kaynaklar dizinindeki 4 numaralı kaynaktan alınmıştır. Çünkü, 4 numaralı kaynak çalışması da Tunçbilek formasyonunda yapılmıştır. Dolayısıyla, tahkimatların tasarımında ve topuk genişliklerinin hesaplanması için kullanılacak formüllerde, istenen kaya mekaniksel veriler 4 numaralı kaynaktan alınmıştır.

5.1. Galerilerde Tahkimat Tasarımı

Ocaktaki galerilerde, çelik rijit bağlar kullanılması planlanmıştır. Aşağıdaki veriler aracılığıyla galeri çelik tahkimat tasarımı yapılmıştır.

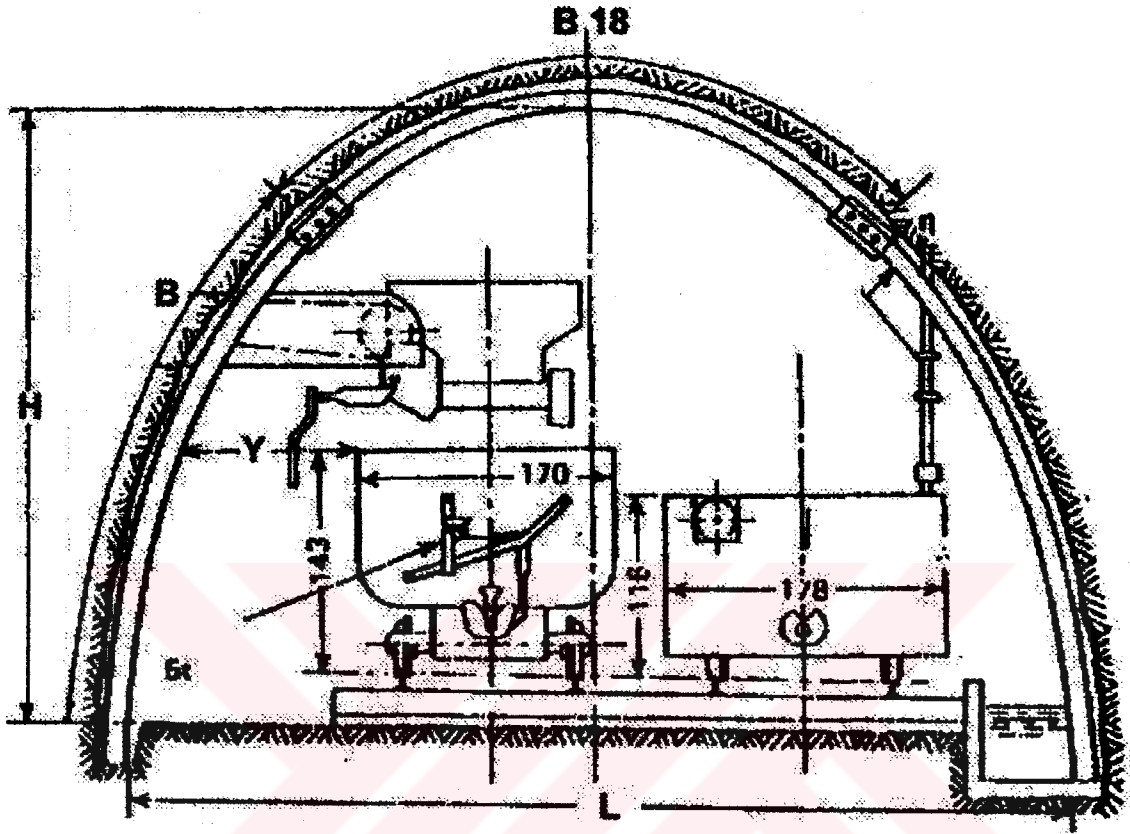
Veriler;

- 1) Galeriler B-5 tipinde oluşturulmuştur. Çizelge 5.1'e göre, galeri kesit alanı (faydalı kesit) 5 m² ve kazı kesit alanı 6.8 m² seçilmiştir.

Çizelge 5.1.1 Galeri tipleri ve boyutları [2]

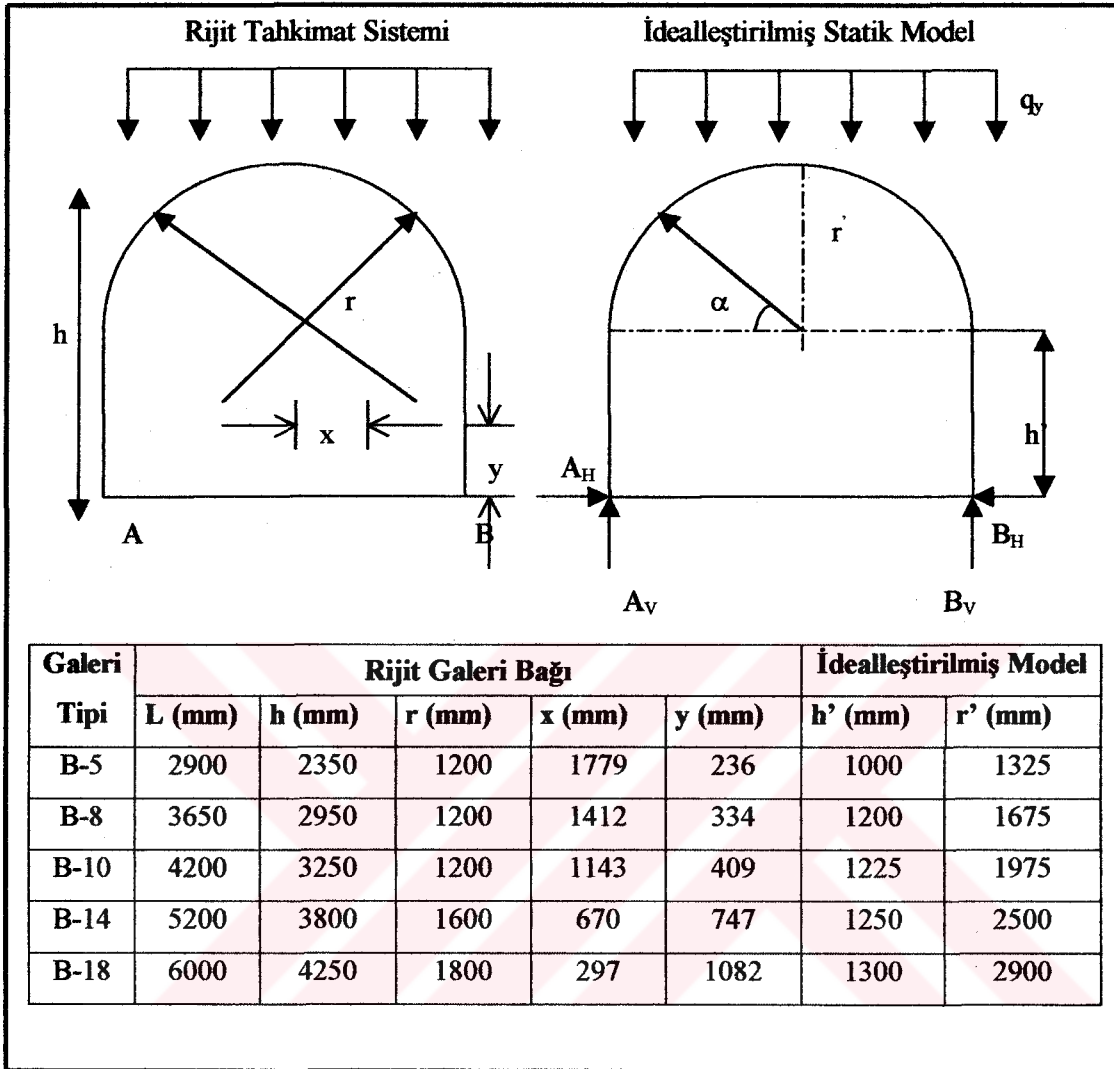
Tip	Kullanıldığı Yer	Faydalı Kesit (m ²)	Kazı Kesiti (m ²)	L (cm)	H (cm)	B (cm)	Y (cm)
B-5	1-T.araba tek yol	5	6.8	228	221	235	80
B-8	1-T.bant,5-T tek yol	8	10.2	362	281	400	90
B-10	1-T.çift yol,5-T tek yol	10	12.5	406	314	430	75
B-14	5-T.araba-oluk	14	17.5	530	350	330	160
B-18	5-T.çift yol	18	22.2	600	397	390	110

Şekil 5.1.1'de rijit bağı bir galerinin geometrik boyutları (L, H, B, Y) gösterilmektedir.



Şekil 5.1.1 Bir rijit galeri bağı geometrik boyutları (L, H, B, Y) [2]

- 2) Şekil 5.1.2'ye göre, B-5 tipinde oluşturulacak galeriler için; $L = 2.9$ m, $r = 1.325$ m, $h' = 1$ m alınmıştır.



Şekil 5.1.2 Rijit tahkimat sisteminin idealleştirilmiş statik modeli [2]

- 3) Tahkimatlar arası mesafe (a) : 1 m alınmıştır.
- 4) Zemin yoğunluğu (γ) : 2.5 ton/m³ alınır [4].
- 5) Normal yüklenme koşullarında, yüklenme faktörü (α) : 0.5 değeri alınır [4].
- 6) Kullanılacak çelik malzeme, ST 37 kalitesindeki çelikten imal edileceğinden, bu çeliğin emniyet gerilmesi (σ_{em}) : 1400kg/cm²'dir [2].

Elde edilen bu veriler aşağıdaki formüllerde yerine konulmuştur.

- a) Tavan basıncı (σ_T) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [2].

$$\sigma_T = \alpha \times L \times \gamma \dots\dots\dots(5.1.1)$$

$$\sigma_T = 0.5 \times 2.9 \times 2.5$$

$$\sigma_T = 3.625 \text{ ton/m}^2$$

Burada;

σ_T : Tavan basıncı (ton/m²)

L : Galeri genişliği (m)

γ : Zemin yoğunluğu (ton/m³)

b) Yayılı yük (q_y) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [2].

$$q_y = \sigma_T \times a \dots\dots\dots(5.1.2)$$

$$q_y = 3.625 \times 1$$

$$q_y = 3.625 \text{ ton/m}$$

Burada;

q_y : Yayılı yük (ton/m)

a : Tahkimatlar arası mesafe (m)

c) Yatay mesnet reaksiyonu ($A_H = B_H$) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [2].

$$A_H = B_H = \frac{(0.785h' + 0.666r)q_y r^3}{(0.666h'^3 + 3.14h'^2 r' + 4h' r'^2 + 1.57r'^3)} \dots\dots\dots(5.1.3)$$

$$A_H = B_H = \frac{(0.785 \times 1 + 0.666 \times 1.325) \times 3.625 \times (1.325)^3}{0.666 \times 1^3 + 3.14 \times 1^2 \times 1.325 + 4 \times 1 \times (1.325)^2 + 1.57 \times (1.325)^3}$$

$$A_H = B_H = 0.907 \text{ ton}$$

Burada;

A_H, B_H : Yatay mesnet reaksiyonu (ton)

r' : İdalleştirilmiş galeri çapı (m)

h' : idalleştirilmiş galeri yüksekliği (m)

d) Maksimum moment aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [2].

$$\alpha = \arcsin \frac{A_H}{q_y r} \dots\dots\dots(5.1.4)$$

$$\alpha = \arcsin \frac{0.907}{3.625 \times 1.325}$$

$$\alpha = 11^\circ$$

Burada;

α : Maksimum moment derecesi ($^\circ$)

e) Maksimum eğilme momenti (M_{\max}) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [2].

$$M_{\max} = -A_H \times (h' + 0.5 \frac{A_H}{q_y}) \dots \dots \dots (5.1.5)$$

$$M_{\max} = -0.907 \times (1 + 0.5 \frac{0.907}{3.625})$$

$$M_{\max} = -1.02 \text{ ton/m}$$

Burada;

M_{\max} : Maksimum eğilme momenti (ton/m)

f) Normal kuvvet (N_α) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [2].

$$N_{\alpha=11} = q_y \times r' \dots \dots \dots (5.1.6)$$

$$N_{\alpha=11} = 3.625 \times 1.325$$

$$N_{\alpha=11} = 4.803 \text{ ton}$$

Burada;

N_α : Moment derecesine bağlı normal kuvvet (ton)

g) Boyutlandırma ifadesi aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır [2].

$$\sigma = \frac{q_y r'}{F} + \frac{A_H (h' + \frac{A_H}{q_y})}{W} \leq \sigma_{em} \dots \dots \dots (5.1.7)$$

$$\sigma = \frac{4803}{0,149W + 9.78} + \frac{907 \times (100 + \frac{907}{3625})}{W} \leq \sigma_{em}$$

$$\sigma = \frac{4803}{0,149W + 9.78} + \frac{90927}{W} \leq \sigma_{em} = 1400$$

Burada;

σ : Boyutlandırma gerilmesi (kg/cm^2)

F : I profili kesit alanı (cm^2)

W : Mukavemet momenti (cm^3)

σ_{em} : Çeliğin emniyet gerilmesi (kg/cm^2)

h) Mukavemet momenti aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır [2].

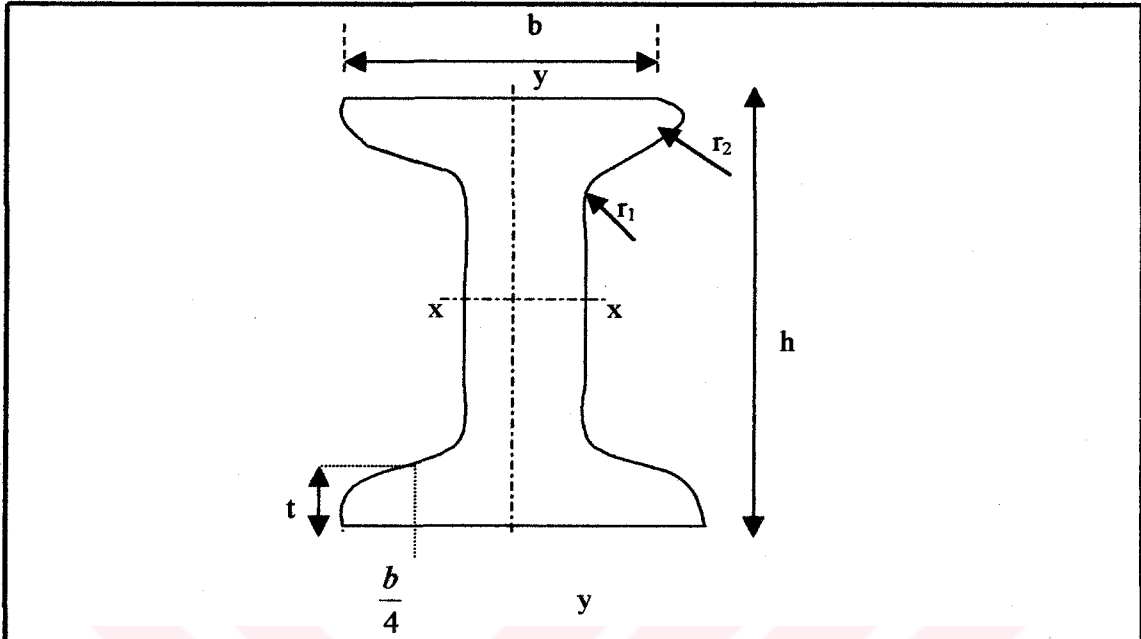
$$W = \frac{M_{\max}}{\sigma_{em}} \dots\dots\dots(5.1.8)$$

$$W = \frac{1.02 t / m \times 1000 \times 100}{1400 \text{ kg} / \text{cm}^2}$$

$$W = 72.85 \text{ cm}^3$$

Bulunan 72.85 cm^3 değerindeki mukavemet momenti, Şekil 5.1.3'deki tablodan, W_x sütunundaki 80.7 cm^3 değerine nominize edilmiştir.

Nominize edilen bu değere göre, seçilen I profili, GI 100 modelindedir. Profilin kesit alanı (F) 26.4 cm^2 ve birim ağırlığı (q) 20.7 kg/m 'dir (Şekil 5.1.3).



Sembol	h	b	t ₁	t ₂	r ₁	r ₂	Eğim %	Kesit Alanı F (cm ²)	Birim Ağırlık q (kg/m)	X-X			Y-Y		
										I _x (cm ⁴)	W _x (cm ³)	I _x (cm)	I _y (cm ⁴)	W _y (cm ³)	I _y (cm)
GI 70	70	68	7	9.5	10	3	30	16.2	13.0	122	34.7	2.74	36.0	10.6	1.49
GI 90	90	76	8	11.5	12	4		22.5	17.7	281	62.5	3.53	62.6	16.5	1.67
GI 100	100	80	9	12.5	13			26.4	20.7	403	80.7	3.91	80.5	20.1	1.75
GI 110	110	84	10	14	14	5	33	31.1	24.5	570	103	4.28	103	24.5	1.82
GI 120	120	92	11	15.5	15	6		37.6	29.5	816	136	4.66	150	32.6	2.00
GI 130	130	100	12	17	16	7		44.6	35.0	1130	175	5.05	211	42.3	2.18
GI 140	140	110		19	17	8		53.0	41.6	1586	227	5.47	315	57.3	2.44

Şekil 5.1.3 DIN 21541 profil normu (I profili) [2]

Galeri tahkimatı tasarımı için yapılan bu çalışmalar, özet olarak Çizelge 5.1.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.1.2 Galerı tahkimatında seçilen malzemenin özellikleri

Uygulanan tahkimat	Kullanılan malzeme	Kullanılan malzemenin tipi	Uygulanan galeri tipi	Galeri kesit alanı, F (m)	Tahkimatlar arası mesafe, a (m)	Kullanılan I profil modeli
Galeri tahkimatı	Rijit çelik bağ	ST-37 çeliği	B-5	5	1	GI-100

Sonuçta; 5 m² kesit alanına (F) sahip B-5 tipindeki galerilerde, ST-37 çeliğinden yapılmış, rijit çelik bağ kullanılması planlanmıştır. Ayrıca, bağlar (tahkimatlar) arası mesafe (a) 1 metre ve seçilen I profili GI-100 modelindedir (Çizelge 5.1.2).

5.2. Ayaklarda Tahkimat Tasarımı

Üretim panolarında oluşturulan ayaklarda, tahkimat malzemesi olarak, çelik hidrolik tahkimat kullanılmıştır. Aşağıdaki veriler aracılığıyla ayak çelik tahkimat boyutlandırılması yapılmıştır.

Veriler;

- 1) Taban taşının tek eksenli basınç direnci (σ_b) : 40 kg/cm² alınır [4].
- 2) Taban taşının içsel sürtünme açısı (ϕ) : 0° alınır [4].
- 3) Taban taşının içsel sürtünme açısına (ϕ) bağlı zemin taşıma gücü kat sayıları (N_c ve N_γ) : 5.7 ve 0'dır (Çizelge 5.2.1).
- 4) Tavan taşının içsel sürtünme açısı (ϕ) : 35° alınır [4].
- 5) Tavan taşının kayaç kalite katsayısı (RQD) : %53 alınır [4].
- 6) Kayaç kalite katsayısı değeri (RQD), Çizelge 5.2.2'de yerine konulduğunda; 3.sınıf tipik göçebilir bir tavan, sağlam silt taşı ve çamur taşına sahiptir.
- 7) Zemin (tavan ve taban taşı) yoğunluğu (γ) : 2.5 ton/m³ alınır [4].
- 8) Ortalama damar kalınlığı (m) : 4 m
- 9) Nominal direk taşıma kapasitesi (P_n) : 30 ton
- 10) Ünite başına direk sayısı (n) : 3 adet
- 11) Direk taban çapı (d) : 0.20 m
- 12) Ayak açıklığı (A) : 4 m

Çizelge 5.2.1 Zemin taşıma gücü katsayıları (N_c ve N_γ) [2]

İçsel sürtünme açısı (ϕ)	N_c	N_γ
0	5.7	0
5	7.0	0.14
10	9.5	0.7
15	13.0	2.0
20	17.0	4.8
25	24.0	9.8
30	37.0	20.0
35	58.0	43.0
40	98.0	98.0

TR. MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI
TEKNOLOJİ VE YATIRIM BAKANLIĞI

Çizelge 5.2.2 Arıoğlu-yüksel sınıflandırılması [2]

Tavan sınıfı	1.	2.	3.	4.	5.
Tavanın tanımı	Çok sağlam tavan. Çok sağlam silt taşı, ince taneli kumtaşı	Sağlam tavan. Sağlam silt taşı, ince-orta taneli kumtaşı	Tipik göçebilir tavan. Sağlam silt taşı, iri taneli kumtaşı, çamur taşı	Kolay göçebilen tavan. Kırılmış silt taşı, çamur taşı	Çok kolay göçebilen tavan. Yoğun tabakalı su içeren silt taşı, çamur taşı
RQD(%)	100-91	91-76	76-51	50-26	<25
Çatlak sıklığı (Çatlak/m)	>1	1-5	5-8	8-15	>15
Laboratuvar/yerin basınç direncine oranı (f)	1	2	3-4	5	6-7
Schmit sayısı (R)	55-45	45-35	35-22	22-18	<18
Laboratuvar basınç direnci (σ_L) kg/cm ²	1500-1000	1000-650	650-450	450-300	300-100
Yerinde basınç direnci (σ_v) kg/cm ²	1500-1000	500-325	180-125	90-60	45-15
Çekme direnci (σ_t)	135-90	90-60	60-40	40-30	30-10
İçsel sürtünme açısı (ϕ)	>45°	45°-40°	40°-30°	30°-20°	<20°

Elde edilen bu veriler aşağıdaki formüllerde yerine konulmuştur.

a) Tavan yükü (σ_t) aşağıdaki formüllerle hesaplanmıştır [2].

$$B = \frac{A}{2} + m \times \tan\left(45 - \frac{\Phi}{2}\right) \dots\dots\dots(5.2.1)$$

$$B = \frac{4}{2} + 4 \times \tan\left(45 - \frac{35}{2}\right)$$

$$B = 4 \text{ m}$$

$$\sigma_t = \frac{\gamma \times B}{K_A \times \tan \Phi} \dots\dots\dots(5.2.2)$$

$$\sigma_t = \frac{2.5 \times 4}{1 \times \tan 35}$$

$$\sigma_t = 15 \text{ ton/m}^2$$

Burada;

B : Tavan kırılma yüzeyleriyle tariflenen açıklığın yarısı (m)

A : Ayak açıklığı (m)

m : Ortalama damar kalınlığı (m)

ϕ : İçsel sürtünme açısı ($^{\circ}$)

σ_t : Tavan yükü (ton/m^2)

γ : Zemin yoğunluğu (ton/m^3)

K_A : Ampirik katsayı. Hesaplamalarda, K_A : 1 alınmıştır.

b) Direk taşıma kapasitesi (k) (verim faktörü) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [2].

$$k_d = -0.005 \times P_n + 1.027 \dots\dots\dots(5.2.3)$$

$$k_d = 0.88 \text{ ton}$$

Burada;

k_d : Direk taşıma kapasitesi (ton)

P_n : nominal direk taşıma kapasitesi (ton)

c) Bir tahkimat ünitesinin emniyetli taşıma yükü (P) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [2].

$$P = \frac{P_n \times k_d \times n}{F_A} \dots\dots\dots(5.2.4)$$

$$P = \frac{30 \times 0.88 \times 3}{2}$$

$$P = 39.6 \text{ ton}$$

Burada;

P : Bir tahkimat ünitesinin emniyetli taşıma yükü (ton)

n : Ünite başına düşen direk sayısı (adet)

F_A : Ampirik katsayı. Hesaplamalarda, F_A : 2 alınmıştır.

d) Üniteler arası mesafe (a) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [2].

$$b = \frac{P}{\sigma_t \times A} \dots\dots\dots(5.2.5)$$

$$b = \frac{39.6}{15 \times 4}$$

$$b = 0.7 \text{ m}$$

Burada;

b : tahkimat üniteleri arası mesafe (m)

e) Direk yoğunluğu (D) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [2].

$$D = \frac{n}{A \times b} \dots\dots\dots(5.2.6)$$

$$D = \frac{3}{4 \times 0,7}$$

$$D = 1.07 \text{ adet/m}^2$$

Burada;

D: Direk yoğunluğu (adet/m²)

f) Zemin taşıma kapasitesi (C) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [2].

$$C = \frac{\sigma_b}{2} \dots\dots\dots(5.2.7)$$

$$C = \frac{40}{2}$$

$$C = 20 \text{ kg/m}^2$$

Burada;

C : Zemin taşıma kapasitesi (kg/m²)

σ_b : Taban taşının tek eksenli basınç direnci (kg/m²)

g) Kohezyon (P_{\max}) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [2].

$$P_{\max} = 1.3 \times C \times N_c + 0.6 \times \gamma \times d \times N_\gamma \dots\dots\dots(5.2.8)$$

$$P_{\max} = 1.3 \times 20 \times 5.7 + 0.6 \times 0.0025 \times 0.20 \times 0$$

$$P_{\max} = 148,2 \text{ kg/cm}^2 = 1482 \text{ ton/m}^2$$

Burada;

P_{\max} : Maksimum kohezyon (kg/cm²)

N_c , N_γ : Xemin taşıma gücü kat sayıları

d : direk taban çapı (m)

h) Zemin emniyetli taşıma kapasitesi (P_{em}) aşağıdaki eşitlikle hesaplanır [2].

$$P_{em} = \frac{P_{max}}{2} \dots\dots\dots(5.2.9)$$

$$P_{em} = \frac{148.2}{2}$$

$$P_{em} = 74.1 \text{ kg/cm}^2 = 741 \text{ ton/m}^2$$

Burada;

P_{em} : Zeminin emniyetli taşıma kapasitesi (kg/cm^2)

i) Direk tabanında oluşan gerilme (σ_{direk}) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [2].

$$\sigma_{direk} = \frac{\sigma_i \times b \times A}{n \times 0.785 \times d^2} \dots\dots\dots(5.2.10)$$

$$\sigma_{direk} = \frac{15 \times 0.7 \times 4}{3 \times 0.785 \times (0.20)^2}$$

$$\sigma_{direk} = 446 \text{ ton/m}^2$$

Burada;

σ_{direk} : Direk tabanında oluşan gerilme (ton/m^2)

Buna göre; $\sigma_{direk} < P_{em}$ ($446 \text{ ton/m}^2 < 741 \text{ ton/m}^2$) olduğuna göre, direk tabanının kesit alanı zemine gömülme bakımından yeterlidir. Taban altlığı gerekli değildir.

Ayak tahkimatı tasarımı için yapılan bu çalışmalar, özet olarak Çizelge 5.2.3'de verilmiştir.

Çizelge 5.2.3 Ayak tahkimatında seçilen malzemenin özellikleri

Uygulanan tahkimat	Kullanılan malzeme	Tahkimat üniteleri arası mesafe, b (m)	Üniteler başına direk sayısı, n (adet)	Hidrolik direklerin taşıma kapasitesi, Pn (ton)	Hidrolik direklerin çapı, d (m)	Bir tahkimat ünitesinin emniyetli taşıma gücü, P (ton)	Taban altlığı gerekliliği
Ayak tahkimatı	Hidrolik çelik direkler	1	3	30	0.20	39.6	Gerekmez

Sonuçta, ayaklarda hidrolik çelik tahkimat kullanılması planlanmıştır. Ayrıca; tahkimat üniteleri arası mesafe (b) 1 metre, bir tahkimat ünitesi için gerekli direk sayısı (n) 3, direklerin

taşıma kapasitesi (P_n) 30 ton, direklerin çapı (d) 0.20 metre, bir tahkimat ünitesinin emniyetli taşıma gücü (P) 39.6 tondur ve direk tabanları için taban altlığı gerekli değildir (Çizelge 5.2.3).

5.3. Topuk Genişliklerinin Hesaplanması

5.3.1. Wilson yaklaşımına göre topuk hesabı

Topuk boyutlandırılması yapılırken Wilson Yaklaşımı uygulanmıştır [4]. Bu yaklaşım ile topuk hesabı yapılırken aşağıdaki verilerden yararlanılmıştır.

Veriler;

- 1) Taban kömürünün içsel sürtünme açısı (φ) : 35° alınır [4].
- 2) Taban kömürünün yerinde basınç dayanımı (G_k) : 31.8 ton/m^2 alınır [4].
- 3) Tavan taşlarının ortalama yoğunluğu (γ_T) : 0.025 ton/m^3 alınır [4].
- 4) Tahkimatın taşıma gücü ($p+p'$) : 0.1 ton/m^2 alınır [4].
- 5) Ortalama damar kalınlığı (m) : 4 m
- 6) Ortalama damar derinliği (H) : 60 m
- 7) Topuklar arası uzaklık (L_a) : 60 m

Elde edilen bu veriler aşağıda eşitliklerde yerine konularak, bırakılacak topuk genişliği hesap edilmiştir.

a) Derinlik basıncı (q) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [4].

$$q = \gamma_T \times H \dots\dots\dots(5.3.1)$$

$$q = 0.025 \times 60$$

$$q = 1.5 \text{ ton/m}^2$$

Burada;

q : Derinlik basıncı (ton/m^2)

γ_T : Tavan taşlarının ortalama yoğunluğu (ton/m^3)

H : Ortalama damar kalınlığı (m)

b) Kömürün üç eksenli gerilme faktörü (K) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [4].

$$K_G = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \dots\dots\dots(5.3.2)$$

$$K_G = \frac{1 + \sin 35}{1 - \sin 35}$$

$$K_G = 3.7$$

Burada;

K : Kömürün üç eksenli gerilme faktörü

ϕ : Taban kömürünün içsel sürtünme açısı ($^{\circ}$)

c) Topuk ezilme uzunluğu (X_b) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [4].

$$X_b = \frac{m}{2 \times \left(\frac{q}{p + p'}\right)^{1/K-1}} \dots\dots\dots(5.3.3)$$

$$X_b = \frac{4}{2 \times \left(\frac{1.5}{0.1}\right)^{1/3.7-1}}$$

$$X_b = 0.7 \text{ m}$$

Burada;

X_b : Topuk ezilme uzunluğu (m)

m : Ortalama damar kalınlığı (m)

$p + p'$: Tahkimatın taşıma gücü (ton/m^2)

d) Topuk üzerinde basınç dağılma faktörü (C) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır. [4]

$$C = \frac{\left(\frac{L_a}{2}\right) \times \left(1 - \frac{L_a}{1.2 \times H}\right) - \left(\frac{m}{2}\right)}{(K - 1) + \left(40 \times \frac{G_k}{H}\right)} \dots\dots\dots(5.3.4)$$

$$C = \frac{\left(\frac{60}{2}\right) \times \left(1 - \frac{60}{1.2 \times 60}\right) - \left(\frac{4}{2}\right)}{(3.7 - 1) + \left(40 \times \frac{31.8}{60}\right)}$$

$$C = 0.1 \text{ m}$$

Burada;

C : Topuk üzerinde basınç dağılma faktörü (m)

L_a : Topuklar arası uzaklık (m)

G_k : Yerinde basınç dağılımı (ton/m^2)

e) Minimum topuk genişliği (L_t) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [4].

$$L_t = 2 (X_b + C) \dots\dots\dots(5.3.5)$$

$$L_t = 2 (0.7 + 0.1)$$

$$L_t = 2 \text{ m}$$

Bu işlemler sonucunda, bırakılacak topuk genişliği 2 metre olarak hesaplanmıştır. Topuklar, ocak panoları arasında ve ana nakliyat galerileri arasında bırakılması planlanmıştır.



6. NAKLİYATIN PROJELENDİRİLMESİ

6.1. İşçi Ve Malzeme Nakli

İşçi ve malzeme nakliyatı 1042 m kotunda açılmış desandri ile sağlanacaktır (Ek-8). İşçiler ayaklara yayan olarak ulaşacaktır.

6.2. Kömür Nakliyatı

Ayak içindeki kömür, zincirli oluklarla alınacaktır. Zincirli oluklarla alınan kömür, bant oluklarıyla ocaktan ihracı sağlanacaktır.

6.2.1. Zincirli oluk seçimi

Zincirli oluk motor güçleri; oluğun boşta, doluda ve kot farkını yenecek şekilde çalıştırılmak üzere üç aşamada hesaplanır. Bulunan gücün, ilk hareket takılmalar ve kömür yığılması gibi bilinmeyen faktörler göz önüne alınarak iki misli alınır [6].

Aşağıdaki verilere bağlı olarak zincirli oluk seçimi yapılmıştır.

Veriler;

- 1) Ocağın saatlik üretim kapasitesi (Q_K) : 25 ton/h
- 2) Oluk uzunluğu (L_O) : 150 m
- 3) Oluk uzunluğunun iki katı (L_O') : 300 m
- 4) Oluğun genişliği : 50 cm
- 5) Oluk hızı (V) : 0.64 m/s
- 6) Oluktaki her bir grubun ağırlığı (K) : 19 kg
- 7) Zincir ve palet grubuyla oluk arasındaki sürtünme katsayısı (f_1) : 0.3
- 8) Kömürle oluk arasındaki sürtünme katsayısı (f_2) : 0.4
- 9) Motor ve redüktör randımanı : 0.80

a) Boş haldeki oluğun motor gücü (G_1) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [6].

$$G_1 = K \times L_O' \times f_1 \times \frac{V}{75} \times 0.746 \dots\dots\dots(6.2.1.1)$$

Burada;

G_1 : Boş haldeki oluğun motor gücü (kW)

K : Oluktaki her bir grubun ağırlığı (kg)

L_O' : Oluk uzunluğunun iki katı (m)

f_1 : Zincir ve palet grubuyla oluk arasındaki sürtünme katsayısı

V : Oluk hızı (m/s)

b) Dolu haldeki oluğun motor gücü (G_2) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [6].

$$G_2 = Q_K \times L_O \times \frac{f_2}{270} \times 0.746 \dots\dots\dots(6.2.1.2)$$

Burada;

G_2 : Dolu haldeki oluğun motor gücü (kW)

Q_K : Ocağın saatlik üretim kapasitesi (ton/h)

L_O : Oluğun uzunluğu (m)

f_2 : Kömür ile oluk arasındaki sürtünme katsayısı

c) Toplam güç (G) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [6].

$$G_T = G_1 + G_2 \dots\dots\dots(6.2.1.3)$$

Burada;

G_T : Oluğun boş ve dolu haldeki toplam gücü (kW)

d) %80 motor + redüktör verimine göre motor gücü aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [6].

$$G_V = \frac{G_T}{0.80} \dots\dots\dots(6.2.1.4)$$

Burada;

G_V : Motor ve redüktör verimine bağlı motor gücü (kW)

e) İlk hareket için %20 fazlasını, takılmalar, fazla yüklemeler, ilave sürtünme kuvvetler nedeniyle, sonuç olarak hesaplanan gücün 2 misli alınarak oluğun motor gücü hesaplanır [6].

$$G = 2 \times G_V \dots\dots\dots(6.2.1.5)$$

Burada;

G : İlave sürtünme kuvvetlerine bağlı nihai motor gücü (kW)

Bu formüller doğrultusunda zincirli oluğun motor gücü tayin edilmiştir. Sonuç olarak; ocakta kullanılacak zincirli oluğun motor gücü 38 kW olarak bulunmuştur (Çizelge 6.2.1.1).

Çizelge 6.2.1.1 Zincirli oluğun motor güçleri

K (kg)	f_1	f_2	V (m/s)	Q_K (ton/h)	L_O (m)	L_O' (m)	G_1 (kW)	G_2 (kW)	G_T (kW)	G_V (kW)	G (kW)
19	0.3	0.4	0.64	25	150	300	10.9	4.1	15	18.8	38

6.2.2. Bant seçimi

Ek-9'da görüldüğü gibi, kırmızıyla boyanmış kısımlar bant yollarıdır. Ocak panoları arasındaki kot farkları değişken olduğu için ayaklara giden yolların eğimi de değişkendir. Dolayısıyla, bazı ayaklardan bantlara gelen kömürün ocak dışarısına çıkarılması, birden fazla bant kullanılarak sağlanmıştır.

Her banda istasyon numaraları verilmiştir (Ek-9). Bu istasyon numaraları, bandın başını ve sonunu karşılayacak şekilde yazılmıştır (Örneğin, 1-2 bandı gibi). Her istasyon numarası, bir bant numarasını karşılamaktadır (Çizelge 6.2.2.1).

Çizelge 6.2.2.1 Bantların nakliyat uzunlukları ve kot farkları

Bant No	İstasyon No	Bandın Nakliyat Uzunluğu (L_N) (m)	Kot Farkı (H_K) (m)
1	1-2	145	-25
2	2-3	10	+4
3	3-4	20	+5
4	4-5	10	+1
5	4-6	92	-15
6	6-7	170	+2
7	7-8	20	-6
8	1-9	31	-2
9	9-10	135	-16
10	10-11	10	+1
11	11-12	75	+8
12	12-13	51	+10
13	13-14	10	+2
14	14-15	145	-3
15	15-16	30	+7
16	12-17	40	-10
17	17-18	40	-10
18	18-19	15	-4

Çizelge 6.2.2.1'de ocakta kullanılacak her bandın, nakliyat uzunluğu ve istasyon numaraları arasındaki kot farkı verilmiştir. Böylece, ocak için 18 adet bant konveyör seçilmiştir.

Ocakta kullanılacak bantların tasarım hesapları iki ana başlıkta toplanmıştır.

a) Bant genişliğinin (B) hesaplanması

Aşağıdaki veriler, formüllerde yerine konularak ortalama bant genişliği (B) hesaplanmıştır [6].

Veriler;

- 1) Ocağın saatteki üretim kapasitesi (Q_K) : 25 ton/h

2) Bant hızı (v) : 2 m/s

3) Kömürün gevşek haldeki yoğunluğu (δ) : 0.85

Bant genişliği (B), bandın kesit alanına (F) bağlı olarak hesaplanır [6].

$$Q_K = 3600 \times S \times v \times \delta \dots\dots\dots(6.2.2.1)$$

$$25 = 3600 \times S \times 2 \times 0.85$$

$$S = 0.005 \text{ m}^2$$

$$S = 0.122 \times (0.9B - 0.05)^2 \dots\dots\dots(6.2.2.2)$$

$$0.005 = 0.122 \times (0.9B - 0.05)^2$$

$$B = 0.27 \text{ m}$$

Burada;

B : Bant genişliği (m)

S : Bandın kesit alanı (m^2)

Q_K : Ocağın saatlik üretim kapasitesi (ton/h)

v : Bandın hızı (m/s)

δ : Kömürün gevşek haldeki yoğunluğu (ton/m^3)

Bu sonuca göre, bant genişliği (B) 300 mm seçilmiştir.

b) Güçlerinin hesaplanması (N_1, N_2, N_3, N_t, N_m)

Bir bantlı konveyörü hareket ettirmek için gerekli motor gücü, üç çeşit direnci yenmek mecburiyetindedir. Her bir direnci ve onları yenmek için lüzumlu güçleri şöyle nitelendirmek mümkündür [6];

b1) N_1 gücü, yatay durumda boş bandın hareketi için gerekli güç.

b2) N_2 gücü, bant üzerindeki kömürü nakletmek için gerekli güç.

b3) N_3 gücü, nakliyatın eğimli olması halinde, kot farkının gerektirdiği güç.

b4) Bu güçler hesaplandıktan sonra toplam güçler (N_t) hesaplanmıştır.

b5) Son olarak, N_t değeri pozitif olduğu müddetçe motor gücü (N_m) tayini yapılmıştır.

b1) Boş bant için gerekli güç (N_1) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [6].

$$N_1 = K_B \times L_N \times \mu \times \frac{v}{75} \times 0.746 \dots\dots\dots(6.2.2.3)$$

Burada;

N_1 : Yatay durumda boş bandın hareketi için gerekli güç (kW)

K_B : Bant tesisinin ağırlığı (kg/m). Bu değer Çizelge 6.2.2.2'den elde edilmiştir. 300 mm'lik bant genişliğine karşılık K değeri 23 kg/m alınmıştır. Çizelge 6.2.2.2'de, bant genişliklerine bağlı olarak, lastik bantlı konveyörlerin ortalama ağırlık değerleri verilmiştir.

L'_N : İzafi uzunluk (m). Çizelge 6.2.2.1'deki, her bandın nakliyat uzunlukları 40 artırılarak bulunur. ($L'_N = L_N + 40$)

v : Bant hızı (m/s). Hesaplamalarda, v : 2 m/s alınmıştır.

μ : Bandın sürtünme katsayısı. Hesaplamalarda, μ : 0.03 alınmıştır.

Çizelge 6.2.2.2 Lastik bantlı konveyörlerde hareketli kısımların ağırlıkları [6]

Bant Genişliği (B) (mm)	Bant Tesisinin Ağırlığı (K) (kg/m)
300	23
400	27
500	32
600	38
700	52
800	60
900	68
1000	75
1200	90
1300	105
1400	115

b2) Dolu bant için gereken güç (N_2) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [6].

$$N_2 = \frac{Q_K \times L'_N \times \mu}{270} \times 0.746 \dots\dots\dots(6.2.2.4)$$

Burada;

N_2 : bant üzerindeki kömürü nakletmek için gerekli güç (kW)

b3) Kot farkının gerektirdiği güç (N_3) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [6].

$$N_3 = \frac{Q_K \times H_K}{270} \times 0.746 \dots\dots\dots(6.2.2.5)$$

Burada;

N_3 : Kot farkının gerektirdiği güç (kW)

H_K : Kot farkı değeri (m). Bu değer, ocakta kullanılacak her bant için Çizelge 6.2.2.1'den okunarak hesaplamalara dahil edilmiştir.

b4) Tahrik gücü (N_t) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [6].

$$N_t = N_1 + N_2 + N_3 \dots\dots\dots(6.2.2.6)$$

Burada;

N_t : Boş bant için gerekli güç (N_1), dolu bant için gerekli güç (N_2) ve kot farkının gerektirdiği güçlerin toplamı (kW)

b5) Motor gücü (N_m) tayini aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [6].

$$N_m = \frac{1.20 \times N_t}{\eta} \dots\dots\dots(6.2.2.7)$$

Burada;

N_m : Nihai motor gücü (kW)

η : Mekanik randıman Hesaplamalarda, η : 0.80 alınmıştır.

Bu formüller doğrultusunda ocaktaki tüm bantların güçleri hesaplanmıştır. Sonuçları ise Çizelge 6.2.2.3'de verilmiştir.

Çizelge 6.2.2.3 Ocaktaki tüm bantların güç değerleri

Bant No	K_B (kg/m)	μ	v (m/s)	Q_K (ton/h)	η	L'_N (m)	H_K (m)	N_1 (kW)	N_2 (kW)	N_3 (kW)	N_t (kW)	N_m (kW)
1	23	0.03	2	25	0.80	185	-25	2.5	0.40	-1.70	1.20	1.8
2	23	0.03	2	25	0.80	50	+4	0.7	0.07	+0.30	1.07	1.6
3	23	0.03	2	25	0.80	60	+5	0.8	0.10	+0.40	1.30	2.0
4	23	0.03	2	25	0.80	50	+1	0.7	0.07	+0.07	0.84	1.3
5	23	0.03	2	25	0.80	132	-15	1.8	0.30	-1.00	1.10	1.7
6	23	0.03	2	25	0.80	210	+2	2.8	0.40	+0.10	3.30	5.0
7	23	0.03	2	25	0.80	60	-6	0.8	0.10	+0.40	0.50	0.8
8	23	0.03	2	25	0.80	71	-2	1.0	0.10	+0.10	1.00	1.5
9	23	0.03	2	25	0.80	175	-16	2.4	0.40	+1.10	1.70	2.6
10	23	0.03	2	25	0.80	50	+1	0.7	0.07	+0.07	0.84	1.3
11	23	0.03	2	25	0.80	115	+8	1.6	0.20	+0.50	2.30	3.5
12	23	0.03	2	25	0.80	91	+10	1.2	0.20	+0.70	2.10	3.2
13	23	0.03	2	25	0.80	50	+2	0.7	0.07	+0.10	0.87	1.3
14	23	0.03	2	25	0.80	185	-3	2.5	0.40	+0.20	2.70	4.0
15	23	0.03	2	25	0.80	70	+7	1.0	0.10	+0.40	1.50	2.3
16	23	0.03	2	25	0.80	80	-10	1.1	0.10	+0.70	0.50	0.8
17	23	0.03	2	25	0.80	80	-10	1.1	0.10	+0.70	0.50	0.8
18	23	0.03	2	25	0.80	55	-4	0.7	0.10	+0.30	0.50	0.8

Sonuç olarak; ocağın en uzun nakliyat mesafesi, 5 nolu panodaki kömürü nakletmek için yerleştirilen bantlardır (Ek-9). Bunun için 8 adet değişik uzunluklarda ve güçlerde bantlar kurulmuştur (Çizelge 6.2.2.3). bunlar 1-9, 9-10, 10-11, 11-12, 12-13, 13-14, 14-15, 15-16, istasyon numaralarına sahip bantlardır (Ek-9). Bu bantlar, her üretim panosundaki kömürü nakletmek için kullanılacağından, ocak için seçilen maksimum bant sayısı 8 olarak belirlenmiştir.



7. HAVALANDIRMA SİSTEMİ VE HAVALANDIRMA PROJELENDİRİLMESİ

Ocağın yeryüzü bağlantıları; hava girişinin sağlandığı, insan-malzeme nakli ve kömür ihracı için kullanılacak bir desandri (1042 m kotunda) ve hava çıkışının gerçekleşeceği iki nefeslik (1096 m ve 1103 m kotunda) olarak planlanmıştır (Ek-10).

Üfleyici vantilatör vasıtasıyla gönderilen temiz hava, ocak panolarını dolaştıktan sonra kirlenecek ve kirlenen hava nefesliklerle ocak dışarısına çıkarılacaktır. Temiz hava mavi renkle, kirliliği ise kırmızı renkle gösterilmiştir (Ek-10).

7.1. Pano Dirençlerinin Hesaplanması

Ocaktaki her panonun direnci; o panodaki galeri ve ayak dirençlerinin ayrı ayrı hesaplanması ile bulunmuştur. Ayrıca, pano yollarında oluşabilecek şok kayıp dirençleri de eşdeğer uzunluk yöntemine bağlı olarak hesap edilmiştir.

7.1.1. Galeri dirençlerinin hesaplanması

Ocaktaki mevcut galerilerin direnç hesabı yapılırken, aşağıdaki formülden yararlanılmıştır. Bu eşitlik havalandırma hesaplamalarında kullanılan temel bir eşitliktir ve galeri boyutları ile sürtünme katsayısının bilinmesi durumunda, gerekli hava miktarının geçirilmesi için vantilatörün yaratması gereken depresyonun hesaplanmasını mümkün kılar [5].

$$R = \frac{k \times U \times \ell}{F^3} \dots\dots\dots(7.1.1.1)$$

Burada;

R : Galeri direnci (gaul)

U : Galeri çevresi (m). Galeriler B-5 modelinde oluşturulmuştur. Şekil 5.1.2'ye göre, yarıçap (r), 1.2 m alınmıştır. Bu değer aşağıdaki formülde yerine konulduğunda galeri çevresi (U), 6.2 m bulunmuştur [3].

$$U = (\Pi \times r) + 2 \times r \dots\dots\dots(7.1.1.2)$$

$$U = 6.2 \text{ m}$$

F : Galeri kesit alanı (m²). Galeriler B-5 modelinde oluşturulmuştur. Çizelge 5.1.1'de, B-5 tipinde oluşturulan galerilerin kesit alanı 5 m² olduğu belirtilmiştir.

ℓ : Galeri uzunluğu (m). Ocaktaki galerilerin metre cinsinden uzunluğunu ifade eder. Ancak, yol üzerinde şok kayıpları mevcut ise, bu şok kaybını yaratan yolun durumuna (tanımına) bağlı olarak, Çizelge 7.1.2.1'den bir eş değer uzunluk (ℓe) değeri seçilerek,

galeri uzunluğuna eklenir. Eklenen bu değer ($l + \ell e$), galerinin nihai uzunluğunu ifade eder.

k : Sürtünme katsayısı (kg/m^3). Galerilerdeki direnç hesaplamalarında koşullara uygun ve doğru sürtünme katsayısının seçilmesi havalandırma hesaplamaları açısından çok önemlidir. Değişik tip galeri ve kuyular için hazırlanmış sürtünme katsayıları (k) Çizelge 7.1.1.1'de verilmiştir.

Çizelge 7.1.1.1 Kuyu ve demir bağlı galeriler için sürtünme katsayıları [3]

1. KUYULAR	k (kg/m^3)
Düz beton kaplama (pürüzsüz, temiz)	0.0030
Tuğla örme (pürüzsüz, temiz)	0.0037
Düz beton kaplama (kılavuz makaralar ve borular mevcut)	0.0065
Tuğla örme (kılavuz makaralar ve borular mevcut)	0.0074
Ahşap kaplama (orta desteği yok)	0.0167
Ahşap kaplama (orta desteği var)	0.0223
2. DEMİR BAĞLI GALERİLER	k (kg/m^3)
Her tarafı düz beton kaplama (muntazam)	0.0037
Bağlar arasında beton yada ahşap kama (her tarafta)	0.0074
Bağlar arasında beton yada ahşap kama (yan kısımlarda)	0.0093
Düzensiz tavan, taban ve yan yüzey	0.0158
3. DÖRTGEN GALERİLER	k (kg/m^3)
Düz beton kaplama	0.0037
Yan tarafları muntazam kaplanmış yollar	0.0121
Muntazam olmayan, kaplanmamış yollar	0.0158

Yukarıda verilen k değerleri, görelî şekil faktörü ile düzeltilmelidir. Şekil faktörleri değişik şekiller için aşağıda verilmiştir [3].

Çizelge 7.1.1.2 Kuyu ve galeriler için şekil faktörleri [3]

KUYU VE GALERİ ŞEKLİ	ŞEKİL FAKTÖRÜ
Dairesel	1.00
Üst tarafı yarım daire şeklinde	1.08
Kare	1.13
Dikdörtgen:	
genişlik/yükseklik = 1.5:1	1.15
genişlik/yükseklik = 2:1	1.20
genişlik/yükseklik = 3:1	1.30
genişlik/yükseklik = 4:1	1.41

Sonuç olarak; ocaktaki galeriler demir bağlı olup, düzensiz tavan, taban ve yan yüzeye sahiptir. Dolayısıyla, direnç hesaplamalarında kullanılacak sürtünme katsayısı, 0.0158 kg/m^3 seçilmiştir (Çizelge 7.1.1.1). Galeriler, üst tarafı yarım daire şeklinde olup, şekil faktörü olarak 1.08 değeri seçilmiştir (Çizelge 7.1.1.2).

$$k = 0.0158 \times \text{şekil faktörü} \dots\dots\dots(7.1.1.3)$$

$$k = 0.0158 \times 1.08$$

$$k = 0.017 \text{ kg/m}^3$$

Seçilen 0.0158 kg/m^3 'lük sürtünme katsayısı, şekil faktörü ile çarpılarak nihai sürtünme kat sayısı değeri elde edilmiştir. Dolayısıyla, direnç hesaplamalarında kullanılacak sürtünme katsayısı (k) değeri, 0.017 kg/m^3 olarak belirlenmiştir.

7.1.2. Şok kayıp dirençlerini hesaplanması

Ayıklarda ve galerilerde oluşan dirençlere ek olarak ayrı bir direnç yaratan şok kayıplarının kaynağı; hava yönünün, hava yolu kesitinin değişmesi ve yol üzerindeki engellerdir. Bu gibi şok kayıp kaynaklarına lokal dirençler de denir [5].

Eşdeğer uzunluk yöntemi kullanılarak şok kayıp dirençleri hesaplanmıştır. Bu yöntemin esası; şok kayıplarını, eşdeğer düz hava yolu uzunluğu cinsinden ifade etmektedir. Başka bir deyişle, gerçek hava yolu uzunluğuna şok kaybı kadar uzunluk eklenir [3]. Bazı lokal dirençler için eşdeğer uzunluklar Çizelge 7.1.2.1'de verilmiştir.

Çizelge 7.1.2.1 Bazı lokal dirençler için eşdeğer uzunluklar [5]

TANIM	EŞDEĞER UZUNLUK (te) (m)
Keskin-yuvarlak dönüş	1
Keskin-köşeli dönüş	50
Dik-yuvarlak dönüş	0.3
Dik köşeli dönüş	23.5
Hava köprüsü	21.7
Hava girişi	1
Hava çıkışı	21.7
Giderek daralma	0.3
Ani daralma	3.3
Giderek genişleme	0.3
Ani genişleme	6.7
Yollara ayrılma	10
Dik yollara ayrılma	67

Yani, panolarındaki yolların lokal direnç durumuna bağlı olarak Çizelge 7.1.2.1'den bir eşdeğer uzunluk değeri seçilmiş ve seçilen bu değer galeri uzunluğuna ilave edilerek direnç hesabı yapılmıştır.

7.1.3. Ayak dirençlerinin hesaplanması

Ayaklardaki dirençler, çalışılan damar kalınlığına bağlı olarak hesaplanmıştır. Çizelge 7.1.3.1'de, değişik damar kalınlıklarında ve 1 m uzunluktaki ayakların dirençleri verilmiştir.

Çizelge 7.1.3.1 Damar kalınlığına bağlı ayak dirençleri [5]

Çalışılan damar kalınlığı (m)	Ayak direnci (gaul) (1 m uzunluk için)
0.75	0.0848
0.92	0.0470
1.00	0.0360
1.15	0.0242
1.30	0.0164
1.45	0.0124
1.53	0.0105
1.68	0.0078
1.83	0.0065
1.98	0.0052
2.14	0.0046

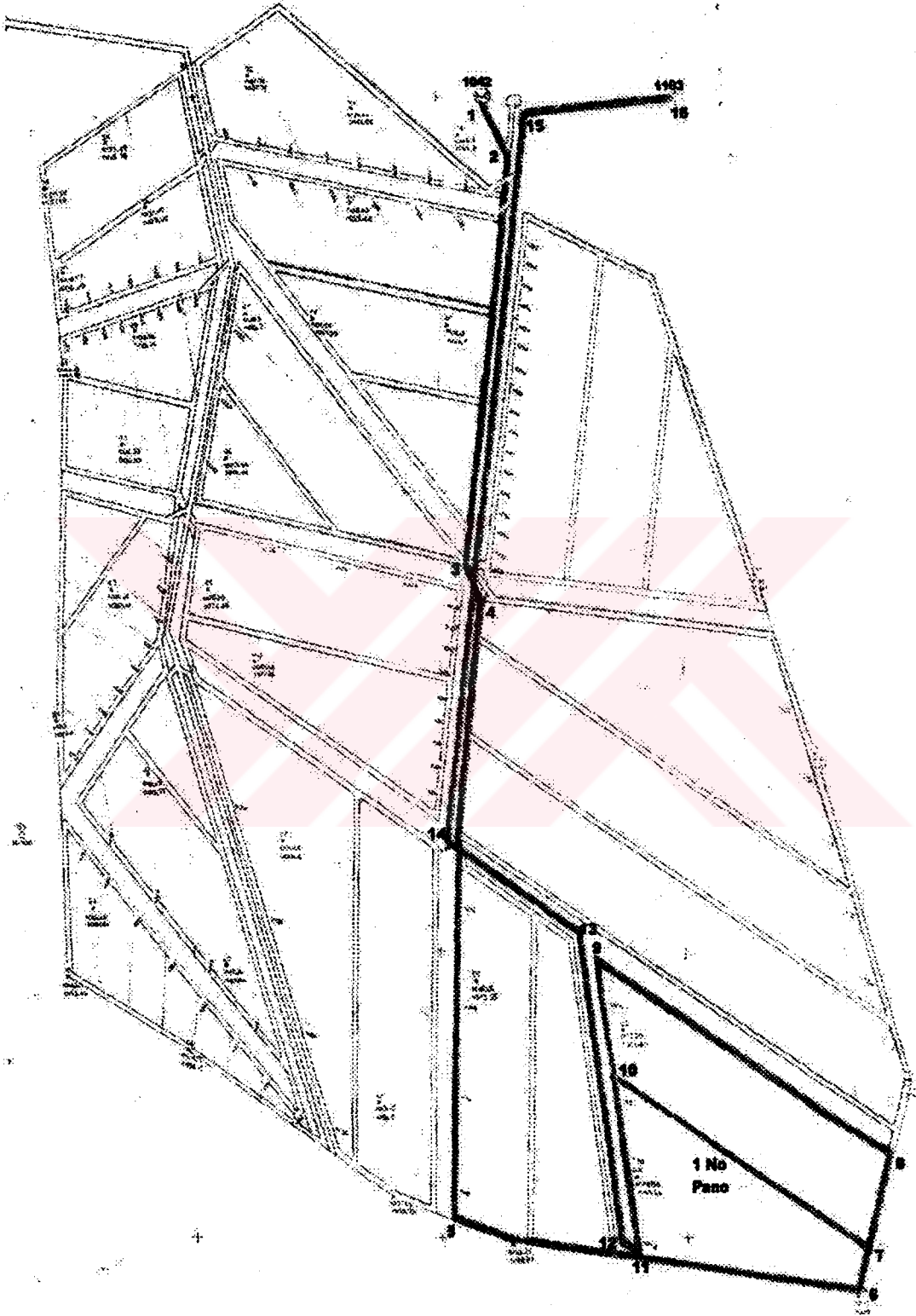
Ocakta çalışılan damar kalınlığı 2 m'dir. Çizelge 8.1.3.1'de, bu değere en yakın değer 1.98 m değeridir. Dolayısıyla, panolardaki ayakların direnç hesapları, 1 m uzunluğundaki ayak için 0.0052 gaul'luk direnç değeri göz önüne alınarak yapılmıştır.

7.2. Pano Yollarının Belirlenmesi Ve Dirençlerinin Hesaplanması

Ocaktaki her panonun havalandırılması ayrı ayrı yapılmıştır. İlk olarak panoya giren ve çıkan hava yolları tespit edilmiş ve numaralandırılmıştır. Numaralanan yolların durumuna (galeri yada ayak) göre dirençleri hesaplanmıştır. Havanın pano içinde dağılımına bağlı olarak pano dirençleri (R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , R_5) tespit edilmiş ve bu dirençlerin seri veya paralel olarak gösterildiği basit direnç diyagramları oluşturulmuştur.

7.2.1. 1 Nolu panonun direnç hesapları

1 no panosunun hava yolları Şekil 7.2.1.1'de gösterilmiştir. Hava yolları numaralandırılmıştır ve numaralanan yolların dirençleri hesaplanmıştır. Havanın 1 no panosu içinde dağılımına bağlı olarak pano dirençleri (R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , R_5) belirlenmiş ve bu dirençlerin seri veya paralel olarak gösterildiği basit direnç diyagramı oluşturulmuştur (Şekil 7.2.1.2).



Şekil 7.2.1.1 1 Nolu panonun hava yolları

TC MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI
TEKNOLOJİ VE YATIRIM BAKANLIĞI
EĞİTİM TEKNOLOJİLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
EĞİTİM TEKNOLOJİLERİ MERKEZİ

1-2 yolu direnç hesabı (R_{1-2}): Bu yol bir galeridir. Dolayısıyla, bu yolun direncini bulmak için, galeri direncinin hesaplandığı formülden yararlanılmıştır.

Sürtünme katsayısı (k) : 0.017 kg/m^3

Galeri çevresi (U) : 6.2 m

Galeri kesit alanı (F) : 5 m^2

Galeri uzunluğu (ℓ) : 21 m 'dir (Ek-10). Ancak, bu yol üzerinde iki önemli şok direnci mevcuttur. Birincisi, bu yol keskin-yuvarlak dönüşü sahiptir. İkincisi ise, bu yoldan hava girişi sağlanacaktır. Çizelge 7.1.2.1'de bu dirençlere karşılık gelen eşdeğer uzunluk değerleri sırasıyla, (ℓ_{e1}) 1 m ve (ℓ_{e2}) 1 m 'dir. Bu değerler galeri uzunluğuna ilave edildiğinde, nihai galeri uzunluğu (ℓ_T) bulunmuştur.

$$\ell_T = \ell + \ell_{e1} + \ell_{e2} \dots\dots\dots(7.2.1.1)$$

$$\ell_T = 21 + 1 + 1$$

$$\ell_T = 23 \text{ m}$$

$$R_{1-2} = \frac{k \times U \times \ell_T}{F^3}$$

$$R_{1-2} = \frac{0.017 \times 6.2 \times 23}{5^3} \dots\dots\dots(7.2.1.2)$$

$$R_{1-2} = 0.02 \text{ gaul}$$

2-3 yolu direnç hesabı (R_{2-3}): Bu yol bir galeridir. Dolayısıyla, bu yolun direncini bulmak için, galeri direncinin hesaplandığı formülden yararlanılmıştır.

Sürtünme katsayısı (k) : 0.017 kg/m^3

Galeri çevresi (U) : 6.2 m

Galeri kesit alanı (F) : 5 m^2

Galeri uzunluğu (ℓ) : 144 m 'dir (Ek-10). Ancak, bu yol üzerinde keskin-yuvarlak dönüş mevcut olduğundan, bu şok direncine karşılık gelen eşdeğer uzunluk değeri, (ℓ_{e1}) 1 m 'dir (Çizelge 7.1.2.1). Bu değer galeri uzunluğuna ilave edildiğinde, nihai galeri uzunluğu (ℓ_T) bulunmuştur.

$$\ell_T = \ell + \ell_{e1} \dots\dots\dots(7.2.1.3)$$

$$\ell_T = 144 + 1$$

$$\ell_T = 145 \text{ m}$$

$$R_{2-3} = \frac{k \times U \times \ell_T}{F^3} \dots\dots\dots(7.2.1.4)$$

$$R_{2-3} = \frac{0.017 \times 6.2 \times 145}{5^3}$$

$$R_{2-3} = 0.12 \text{ gaul}$$

3-4 yolu direnç hesabı (R₃₋₄): Bu yol bir galeridir. Dolayısıyla, bu yolun direncini bulmak için, galeri direncinin hesaplandığı formülden yararlanılmıştır.

Sürtünme katsayısı (k) : 0.017 kg/m³

Galeri çevresi (U) : 6.2 m

Galeri kesit alanı (F) : 5 m²

Galeri uzunluğu (ℓ) : 19 m'dir (Ek-10). Ancak, bu yol üzerinde keskin-yuvarlak dönüş mevcut olduğundan, bu şok direncine karşılık gelen eşdeğer uzunluk değeri, (ℓ_{e1}) 1 m'dir (Çizelge 7.1.2.1). Bu değer galeri uzunluğuna ilave edildiğinde, nihai galeri uzunluğu (ℓ_T) bulunmuştur.

$$\ell_T = \ell + \ell_{e1} \dots\dots\dots(7.2.1.5)$$

$$\ell_T = 19 + 1$$

$$\ell_T = 20 \text{ m}$$

$$R_{3-4} = \frac{k \times U \times \ell_T}{F^3} \dots\dots\dots(7.2.1.6)$$

$$R_{3-4} = \frac{0.017 \times 6.2 \times 20}{5^3}$$

$$R_{3-4} = 0.02 \text{ gaul}$$

4-5 yolu direnç hesabı (R₄₋₅): Bu yol bir galeridir. Dolayısıyla, bu yolun direncini bulmak için, galeri direncinin hesaplandığı formülden yararlanılmıştır.

Sürtünme katsayısı (k) : 0.017 kg/m³

Galeri çevresi (U) : 6.2 m

Galeri kesit alanı (F) : 5 m²

Galeri uzunluğu (ℓ) : 220 m'dir (Ek-10). Ancak, bu yol üzerinde dik-köşeli dönüş mevcut olduğundan, bu şok direncine karşılık gelen eşdeğer uzunluk değeri, (ℓ_{e1}) 23.5

m'dir (Çizelge 7.1.2.1). Bu değer galeri uzunluğuna ilave edildiğinde, nihai galeri uzunluğu (ℓ_T) bulunmuştur.

$$\ell_T = \ell + \ell_{e_1} \dots\dots\dots(7.2.1.7)$$

$$\ell_T = 220 + 23.5$$

$$\ell_T = 243.5 \text{ m}$$

$$R_{4-5} = \frac{k \times U \times \ell_T}{F^3} \dots\dots\dots(7.2.1.8)$$

$$R_{4-5} = \frac{0.017 \times 6.2 \times 243.5}{5^3}$$

$$R_{4-5} = 0.20 \text{ gaul}$$

5-6 yolu direnç hesabı (R_{5-6}): Bu yol bir galeridir. Dolayısıyla, bu yolun direncini bulmak için, galeri direncinin hesaplandığı formülden yararlanılmıştır.

Sürtünme katsayısı (k) : 0.017 kg/m³

Galeri çevresi (U) : 6.2 m

Galeri kesit alanı (F) : 5 m²

Galeri uzunluğu (ℓ) : 165 m'dir (Ek-10). Ancak, bu yol üzerinde dik-köşeli dönüş mevcut olduğundan, bu şok direncine karşılık gelen eşdeğer uzunluk değeri, (ℓ_{e_1}) 23.5 m'dir (Çizelge 7.1.2.1). Bu değer galeri uzunluğuna ilave edildiğinde, nihai galeri uzunluğu (ℓ_T) bulunmuştur.

$$\ell_T = \ell + \ell_{e_1} \dots\dots\dots(7.2.1.9)$$

$$\ell_T = 165 + 23.5$$

$$\ell_T = 188.5 \text{ m}$$

$$R_{5-6} = \frac{k \times U \times \ell_T}{F^3} \dots\dots\dots(7.2.1.10)$$

$$R_{5-6} = \frac{0.017 \times 6.2 \times 188.5}{5^3}$$

$$R_{5-6} = 0.16 \text{ gaul}$$

6-7 yolu direnç hesabı (R_{6-7}): Bu yol bir ayaktır. Ocağın çalışılan damar kalınlığı 2 m olduğundan, ayağın 1 m'sinin direnci 0.0052 gaul olduğu belirlenmişti (Çizelge 7.1.3.1). O halde, ayak uzunluğu (ℓ) : 16 m ise (Ek-10),

$$R_{6-7} = \ell \times 0.0052 \dots\dots\dots(7.2.1.11)$$

$$R_{6-7} = 16 \times 0.0052$$

$$R_{6-7} = 0.08 \text{ gaul}$$

7-10 yolu direnç hesabı (R_{7-10}): Bu yol bir galeridir. Dolayısıyla, bu yolun direncini bulmak için, galeri direncinin hesaplandığı formülden yararlanılmıştır.

Sürtünme katsayısı (k) : 0.017 kg/m³

Galeri çevresi (U) : 6.2 m

Galeri kesit alanı (F) : 5 m²

Galeri uzunluğu (ℓ) : 117 m'dir (Ek-10). Ancak, bu yol üzerinde iki önemli şok direnci mevcuttur. Birincisi, bu yolda dik yollara ayrılma vardır. İkincisi ise, bu yol keskin-köşeli dönüşe sahiptir. Çizelge 7.1.2.1'de bu dirençlere karşılık gelen eşdeğer uzunluk değerleri sırasıyla, (ℓ_{e1}) 67 m ve (ℓ_{e2}) 50 m'dir. Bu değerler galeri uzunluğuna ilave edildiğinde, nihai galeri uzunluğu (ℓ_T) bulunmuştur.

$$\ell_T = \ell + \ell_{e1} + \ell_{e2} \dots\dots\dots(7.2.1.12)$$

$$\ell_T = 117 + 67 + 50$$

$$\ell_T = 234 \text{ m}$$

$$R_{7-10} = \frac{k \times U \times \ell_T}{F^3} \dots\dots\dots(7.2.1.13)$$

$$R_{7-10} = \frac{0.017 \times 6.2 \times 234}{5^3}$$

$$R_{7-10} = 0.20 \text{ gaul}$$

7-8 yolu direnç hesabı (R_{7-8}): Bu yol bir ayaktır. Ocağın çalışılan damar kalınlığı 2 m olduğundan, ayağın 1 m'sinin direnci 0.0052 gaul olduğu belirlenmişti (Çizelge 7.1.3.1). O halde, ayak uzunluğu (ℓ) : 16 m ise (Ek-10),

$$R_{7-8} = \ell \times 0.0052 \dots\dots\dots(7.2.1.14)$$

$$R_{7-8} = 16 \times 0.0052$$

$$R_{7-8} = 0.08 \text{ gaul}$$

8-9 yolu direnç hesabı (R_{8-9}): Bu yol bir galeridir. Dolayısıyla, bu yolun direncini bulmak için, galeri direncinin hesaplandığı formülden yararlanılmıştır.

Sürtünme katsayısı (k) : 0.017 kg/m^3

Galeri çevresi (U) : 6.2 m

Galeri kesit alanı (F) : 5 m^2

Galeri uzunluğu (ℓ) : 140 m 'dir (Ek-10). Ancak, bu yol üzerinde iki önemli şok direnci mevcuttur. Birincisi, bu yol dik-köşeli dönüşe sahiptir. İkincisi ise, bu yolda keskin-köşeli dönüş mevcuttur. Çizelge 7.1.2.1'de bu dirençlere karşılık gelen eşdeğer uzunluk değerleri sırasıyla, (ℓ_{e1}) 23.5 m ve (ℓ_{e2}) 50 m 'dir. Bu değerler galeri uzunluğuna ilave edildiğinde, nihai galeri uzunluğu (ℓ_T) bulunmuştur.

$$\ell_T = \ell + \ell_{e1} + \ell_{e2} \dots\dots\dots(7.2.1.15)$$

$$\ell_T = 140 + 23.5 + 50$$

$$\ell_T = 213.5 \text{ m}$$

$$R_{8-9} = \frac{k \times U \times \ell_T}{F^3} \dots\dots\dots(7.2.1.16)$$

$$R_{8-9} = \frac{0.017 \times 6.2 \times 213.5}{5^3}$$

$$R_{8-9} = 0.18 \text{ gaul}$$

9-10 yolu direnç hesabı (R_{9-10}): Bu yol bir ayaktır. Ocağın çalışılan damar kalınlığı 2 m olduğundan, ayağın 1 m 'sinin direnci 0.0052 gaul olduğu belirlenmişti (Çizelge 7.1.3.1). O halde, ayak uzunluğu (ℓ) : 43 m ise (Ek-10),

$$R_{9-10} = \ell \times 0.0052 \dots\dots\dots(7.2.1.17)$$

$$R_{9-10} = 43 \times 0.0052$$

$$R_{9-10} = 0.22 \text{ gaul}$$

10-11 yolu direnç hesabı (R_{10-11}): Bu yol bir ayaktır. Ocağın çalışılan damar kalınlığı 2 m olduğundan, ayağın 1 m 'sinin direnci 0.0052 gaul olduğu belirlenmişti (Çizelge 7.1.3.1). O halde, ayak uzunluğu (ℓ) : 62 m ise (Ek-10),

$$R_{10-11} = \ell \times 0.0052 \dots\dots\dots(7.2.1.18)$$

$$R_{10-11} = 62 \times 0.0052$$

$$R_{10-11} = 0.32 \text{ gaul}$$

11-12 yolu direnç hesabı (R_{11-12}): Bu yol bir galeridir. Dolayısıyla, bu yolun direncini bulmak için, galeri direncinin hesaplandığı formülden yararlanılmıştır.

Sürtünme katsayısı (k) : 0.017 kg/m^3

Galeri çevresi (U) : 6.2 m

Galeri kesit alanı (F) : 5 m^2

Galeri uzunluğu (ℓ) = 8 m 'dir (Ek-10). Ancak, bu yol üzerinde iki önemli şok direnci mevcuttur. Birincisi, bu yol keskin-köşeli dönüşe sahiptir. İkincisi ise, bu yolda dik-köşeli dönüş mevcuttur. Çizelge 7.1.2.1'de bu dirençlere karşılık gelen eşdeğer uzunluk değerleri sırasıyla, (ℓ_{e1}) 50 m ve (ℓ_{e2}) 23.5 m 'dir. Bu değerler galeri uzunluğuna ilave edildiğinde, nihai galeri uzunluğu (ℓ_T) bulunmuştur.

$$\ell_T = \ell + \ell_{e1} + \ell_{e2} \dots\dots\dots(7.2.1.19)$$

$$\ell_T = 8 + 50 + 23.5$$

$$\ell_T = 81.5 \text{ m}$$

$$R_{11-12} = \frac{k \times U \times \ell_T}{F^3} \dots\dots\dots(7.2.1.20)$$

$$R_{11-12} = \frac{0.017 \times 6.2 \times 81.5}{5^3}$$

$$R_{11-12} = 0.07 \text{ gaul}$$

12-13 yolu direnç hesabı (R_{12-13}): Bu yol bir galeridir. Dolayısıyla, bu yolun direncini bulmak için, galeri direncinin hesaplandığı formülden yararlanılmıştır.

Sürtünme katsayısı (k) : 0.017 kg/m^3

Galeri çevresi (U) : 6.2 m

Galeri kesit alanı (F) : 5 m^2

Galeri uzunluğu (ℓ) : 110 m 'dir (Ek-10). Ancak, bu yol üzerinde dik-köşeli dönüş mevcut olduğundan, bu şok direncine karşılık gelen eşdeğer uzunluk değeri, (ℓ_{e1}) 23.5 m 'dir (Çizelge 7.1.2.1). Bu değer galeri uzunluğuna ilave edildiğinde, nihai galeri uzunluğu (ℓ_T) bulunmuştur.

$$\ell_T = \ell + \ell_{e1} \dots\dots\dots(7.2.1.21)$$

$$\ell_T = 110 + 23,5$$

$$\ell_T = 133.5 \text{ m}$$

$$R_{12-13} = \frac{k \times U \times \ell_T}{F^3} \dots\dots\dots(7.2.1.22)$$

$$R_{12-13} = \frac{0.017 \times 6.2 \times 133.5}{5^3}$$

$$R_{12-13} = 0.11 \text{ gaul}$$

13-14 yolu direnç hesabı (R₁₃₋₁₄): Bu yol bir galeridir. Dolayısıyla, bu yolun direncini bulmak için, galeri direncinin hesaplandığı formülden yararlanılmıştır.

Sürtünme katsayısı (k) : 0.017 kg/m³

Galeri çevresi (U) : 6.2 m

Galeri kesit alanı (F) : 5 m²

Galeri uzunluğu (ℓ) : 62 m'dir (Ek-10). Ancak, bu yol üzerinde iki önemli şok direnci mevcuttur. Birincisi, bu yolda hava köprüsü mevcuttur. İkincisi ise, bu yolda dik-köşeli dönüş vardır. Çizelge 7.1.2.1'de bu dirençlere karşılık gelen eşdeğer uzunluk değerleri sırasıyla, (ℓ_{e1}) 21.7 m ve (ℓ_{e2}) 23.5 m'dir. Bu değerler galeri uzunluğuna ilave edildiğinde, nihai galeri uzunluğu (ℓ_T) bulunmuştur.

$$\ell_T = \ell + \ell_{e1} + \ell_{e2} \dots\dots\dots(7.2.1.23)$$

$$\ell_T = 62 + 21.7 + 23.5$$

$$\ell_T = 107.2 \text{ m}$$

$$R_{13-14} = \frac{k \times U \times \ell_T}{F^3} \dots\dots\dots(7.2.1.24)$$

$$R_{13-14} = \frac{0.017 \times 6.2 \times 107.2}{5^3}$$

$$R_{13-14} = 0.09 \text{ gaul}$$

14-15 yolu direnç hesabı (R₁₄₋₁₅): Bu yol bir galeridir. Dolayısıyla, bu yolun direncini bulmak için, galeri direncinin hesaplandığı formülden yararlanılmıştır.

Sürtünme katsayısı (k) : 0.017 kg/m³

Galeri çevresi (U) : 6.2 m

Galeri kesit alanı (F) : 5 m²

Galeri uzunluğu (ℓ) : 260 m'dir (Ek-10). Ancak, bu yol üzerinde iki önemli şok direnci mevcuttur. Birincisi, bu yolda hava köprüsü mevcuttur. İkincisi ise, bu yolda dik-köşeli

dönüş vardır. Çizelge 7.1.2.1'de bu dirençlere karşılık gelen eşdeğer uzunluk değerleri sırasıyla, (ℓ_{e1}) 21.7 m ve (ℓ_{e2}) 23.5 m'dir. Bu değerler galeri uzunluğuna ilave edildiğinde, nihai galeri uzunluğu (ℓ_T) bulunmuştur.

$$\ell_T = \ell + \ell_{e1} + \ell_{e2} \dots\dots\dots(7.2.1.25)$$

$$\ell_T = 260 + 21.7 + 23.5$$

$$\ell_T = 305.2 \text{ m}$$

$$R_{14-15} = \frac{k \times U \times \ell_T}{F^3} \dots\dots\dots(7.2.1.26)$$

$$R_{14-15} = \frac{0.017 \times 6.2 \times 305.2}{5^3}$$

$$R_{14-15} = 0.26 \text{ gaul}$$

15-16 yolu direnç hesabı (R_{15-16}): Bu yol bir galeridir. Dolayısıyla, bu yolun direncini bulmak için, galeri direncinin hesaplandığı formülden yararlanılmıştır.

Sürtünme katsayısı (k) : 0.017 kg/m³

Galeri çevresi (U) : 6.2 m

Galeri kesit alanı (F) : 5 m²

Galeri uzunluğu (ℓ) : 61 m'dir (Ek-10). Ancak, bu yolda hava çıkışı olduğundan, bu şok direncine karşılık gelen eşdeğer uzunluk değeri, (ℓ_{e1}) 21.7 m'dir (Çizelge 7.1.2.1). Bu değer galeri uzunluğuna ilave edildiğinde, nihai galeri uzunluğu (ℓ_T) bulunmuştur.

$$\ell_T = \ell + \ell_{e1} \dots\dots\dots(7.2.1.27)$$

$$\ell_T = 61 + 21.7$$

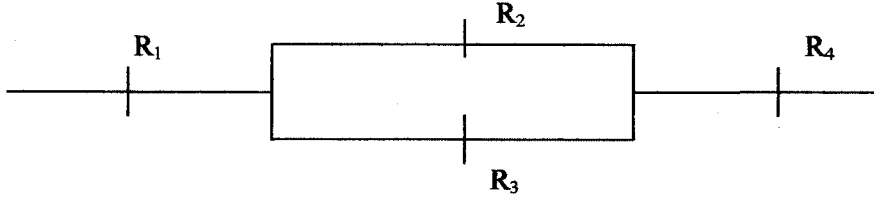
$$\ell_T = 82.7 \text{ m}$$

$$R_{15-16} = \frac{k \times U \times \ell_T}{F^3} \dots\dots\dots(7.2.1.28)$$

$$R_{15-16} = \frac{0.017 \times 6.2 \times 82.7}{5^3}$$

$$R_{15-16} = 0.07 \text{ gaul}$$

Havanın dağılımına bağlı olarak, 1 no panosunun basit direnç diyagramı oluşturulmuştur (Şekil 7.2.1.2). Dirençler (R_1 , R_2 , R_3 , R_4), diyagrama seri veya paralel olarak yerleştirilmiştir. Dirençlerin (R_1 , R_2 , R_3 , R_4) değerleri hesaplanırken, sahip olduğu yolların toplam direnci alınmıştır.



Şekil 7.2.1.2 1 Nolu panonun basit direnç diyagramı

$$R_1 = R_{1-2} + R_{2-3} + R_{3-4} + R_{4-5} + R_{5-6} + R_{6-7} \dots\dots\dots(7.2.1.29)$$

$$R_1 = 0.02 + 0.12 + 0.02 + 0.20 + 0.16 + 0.08$$

$$R_1 = 0.60 \text{ gaul}$$

$$R_2 = R_{7-10} \dots\dots\dots(7.2.1.30)$$

$$R_2 = 0.20 \text{ gaul}$$

$$R_3 = R_{7-8} + R_{8-9} + R_{9-10} \dots\dots\dots(7.2.1.31)$$

$$R_3 = 0.08 + 0.18 + 0.22$$

$$R_3 = 0.48 \text{ gaul}$$

$$R_4 = R_{10-11} + R_{11-12} + R_{12-13} + R_{13-14} + R_{14-15} + R_{15-16} \dots\dots\dots(7.2.1.32)$$

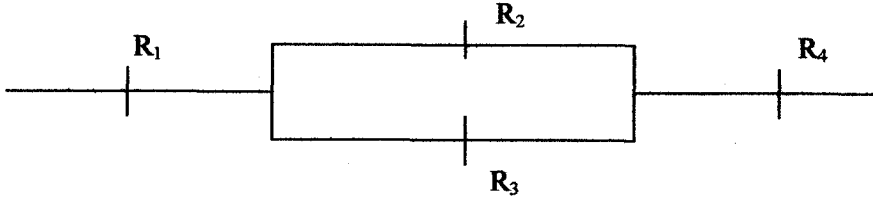
$$R_4 = 0.32 + 0.07 + 0.11 + 0.09 + 0.26 + 0.07$$

$$R_4 = 0.92 \text{ gaul}$$

1 no panosu için yapılan tüm işlemlerin sonuçları Çizelge 7.2.1.1'de verilmiştir. Bu çizelgede, pano yollarının durumu (yol adı), her yolun direnç değeri ve yol dirençlerinin toplamı sonucunda elde edilen pano dirençleri (R_1 , R_2 , R_3 , R_4) verilmiştir. Ocaktaki diğer (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 no'lu) panoların, direnç değerleri de bu şekilde çizelgelendirilmiştir.

Çizelge 7.2.1.1 1 Nolu panonun direnç değerleri

R₁ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	l _T (m)	R (gaul)
1-2	Galeri	0.017	6.2	5	21	1	1	23	0.02
2-3	Galeri	0.017	6.2	5	144	1	-	145	0.12
3-4	Galeri	0.017	6.2	5	19	1	-	20	0.02
4-5	Galeri	0.017	6.2	5	220	23.5	-	243.5	0.20
5-6	Galeri	0.017	6.2	5	165	23.5	-	188.5	0.16
6-7	Ayak	-	-	-	16	-	-	-	0.08
R₁ direnci									0.60
R₂ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	l _T (m)	R (gaul)
7-10	Galeri	0.017	6.2	5	117	67	50	234	0.20
R₂ direnci									0.20
R₃ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	l _T (m)	R (gaul)
7-8	Ayak	-	-	-	31	-	-	-	0.16
8-9	Galeri	0.017	6.2	5	140	23.5	50	213.5	0.18
9-10	Ayak	-	-	-	43	-	-	-	0.22
R₃ direnci									0.56
R₄ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	l _T (m)	R (gaul)
10-11	Ayak	-	-	-	62	-	-	-	0.32
11-12	Galeri	0.017	6.2	5	8	50	23.5	81.5	0.07
12-13	Galeri	0.017	6.2	5	110	23.5	-	133.5	0.11
13-14	Galeri	0.017	6.2	5	62	21.7	23.5	107.2	0.09
14-15	Galeri	0.017	6.2	5	260	21.7	23.5	305.2	0.26
15-16	Galeri	0.017	6.2	5	61	21.7	-	82.7	0.07
R₄ direnci									0.92

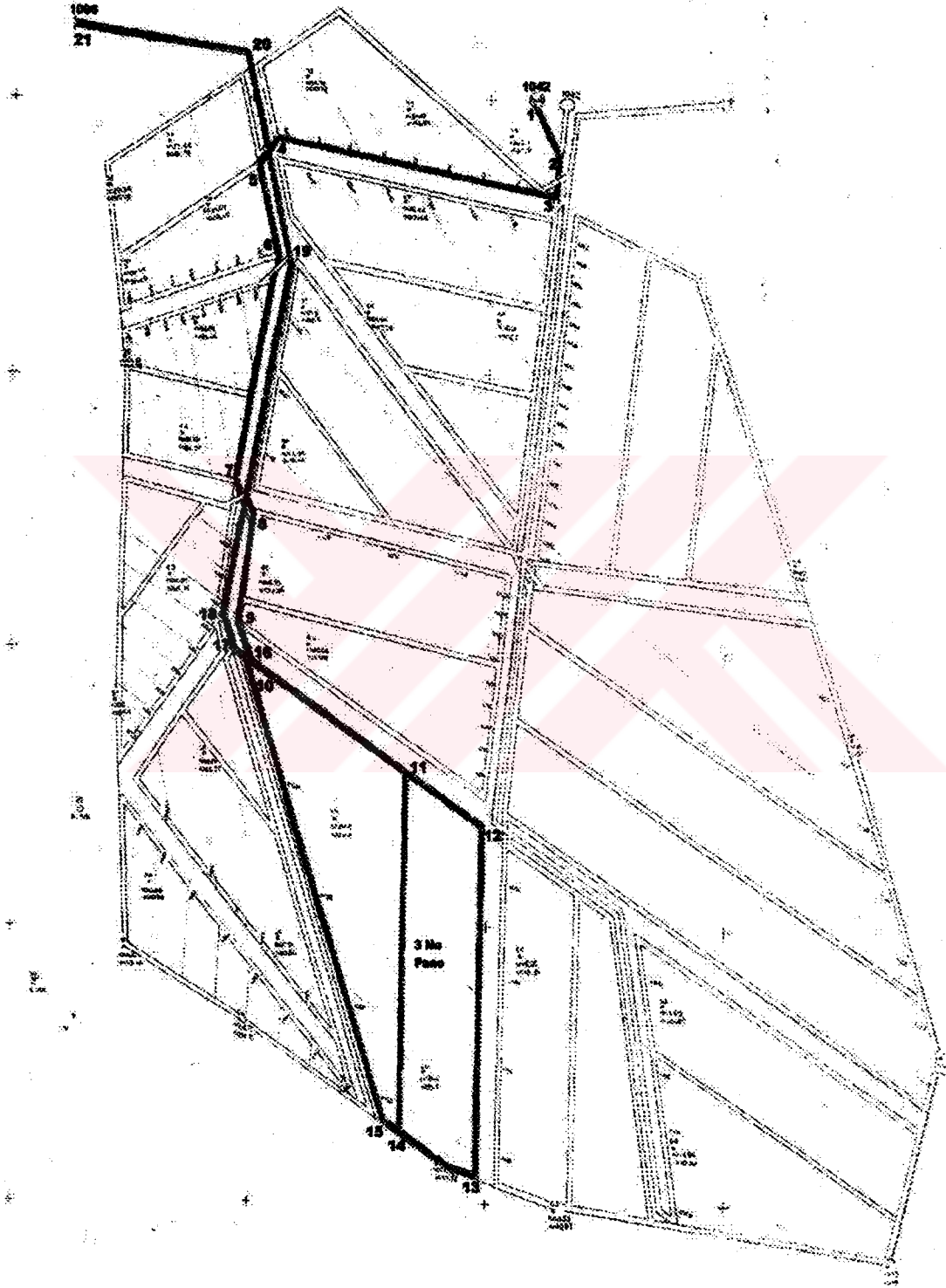


Şekil 7.2.2.2 2 Nolu panonun basit direnç diyagramı

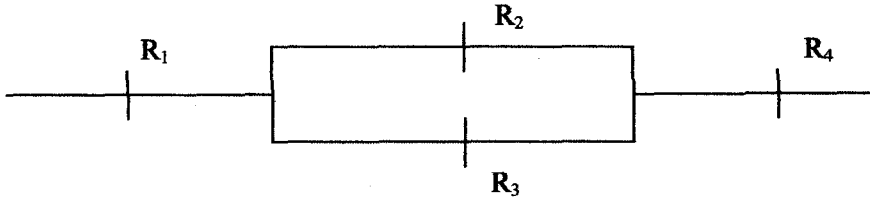
Çizelge 7.2.2.1 2 Nolu panonun direnç değerleri

R₁ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	l _T (m)	R (gauf)
1-2	Galeri	0.017	6.2	5	21	1	1	23	0.02
2-3	Galeri	0.017	6.2	5	144	1	-	145	0.12
3-4	Galeri	0.017	6.2	5	19	1	-	20	0.02
4-5	Galeri	0.017	6.2	5	220	23.5	-	243.5	0.20
5-6	Ayak	-	-	-	16	-	-	-	0.08
R₁ direnci									0.52
R₂ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	l _T (m)	R (gauf)
6-9	Galeri	0.017	6.2	5	113	67	50	230	0.19
R₂ direnci									0.19
R₃ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	l _T (m)	R (gauf)
6-7	Ayak	-	-	-	35	-	-	-	0.18
7-8	Galeri	0.017	6.2	5	110	50	23.5	183.5	0.15
8-9	Ayak	-	-	-	16	-	-	-	0.08
R₃ direnci									0.41
R₄ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	l _T (m)	R (gauf)
9-10	Ayak	-	-	-	33	-	-	-	0.17
10-11	Galeri	0.017	6.2	5	7	23.5	23.5	54	0.04
11-12	Galeri	0.017	6.2	5	9	21.7	23.5	54.2	0.04
12-13	Galeri	0.017	6.2	5	260	21.7	23.5	305.2	0.26
13-14	Galeri	0.017	6.2	5	61	21.7	-	82.7	0.07
R₄ direnci									0.58

7.2.3. 3 Nolu panonun direnç hesapları



Şekil 7.2.3.1 3 Nolu panonun hava yolları

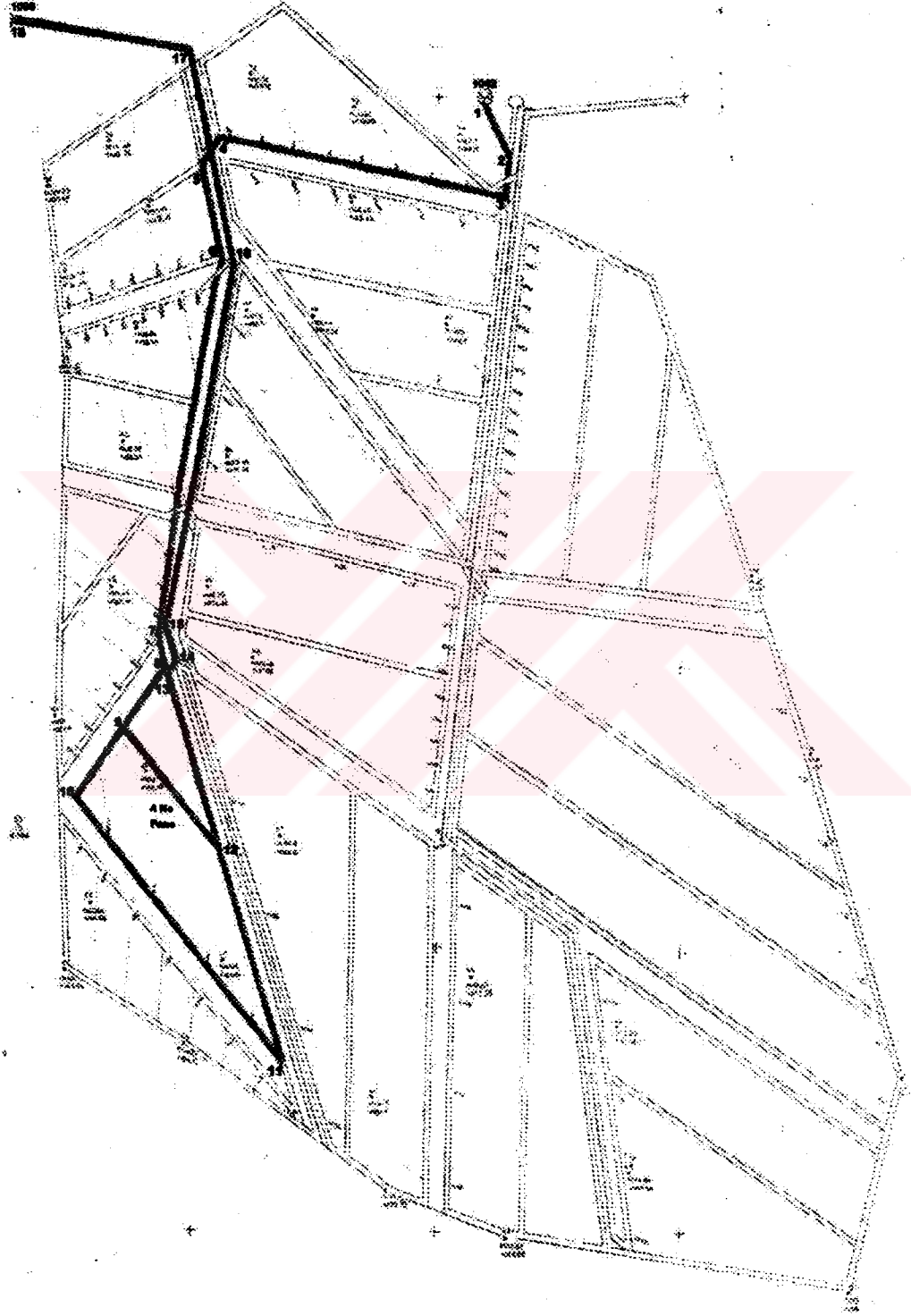


Şekil 7.2.3.2 3 Nolu panonun basit direnç diyagramı

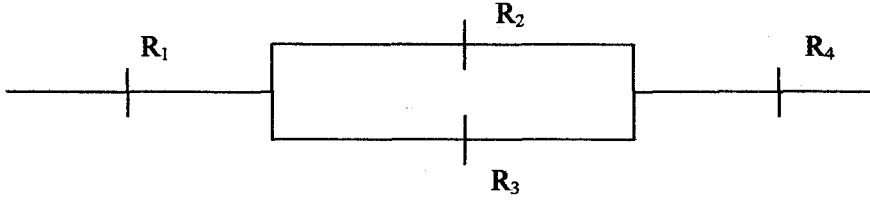
Çizelge 7.2.3.1 3 Nolu panonun direnç değerleri

R₁ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	l _T (m)	R (gauf)
1-2	Galeri	0.017	6.2	5	21	1	1	23	0.02
2-3	Galeri	0.017	6.2	5	15	23.5	-	38.5	0.03
3-4	Galeri	0.017	6.2	5	118	1	-	119	0.10
4-5	Galeri	0.017	6.2	5	10	23.5	-	33.5	0.03
5-6	Galeri	0.017	6.2	5	34	1	-	35	0.03
6-7	Galeri	0.017	6.2	5	83	23.5	-	106.5	0.09
7-8	Galeri	0.017	6.2	5	15	23.5	-	38.5	0.03
8-9	Galeri	0.017	6.2	5	36	1	-	37	0.03
9-10	Galeri	0.017	6.2	5	15	1	-	16	0.01
10-11	Ayak	-	-	-	78	-	-	-	0.40
R₁ direnci									0.77
R₂ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	l _T (m)	R (gauf)
11-14	Galeri	0.017	6.2	5	129	67	50	246	0.21
14-15	Ayak	-	-	-	6	-	-	-	0.03
R₂ direnci									0.24
R₃ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	l _T (m)	R (gauf)
11-12	Ayak	-	-	-	36	-	-	-	0.19
12-13	Galeri	0.017	6.2	5	128	23.5	50	201.5	0.17
13-14	Ayak	-	-	-	34	-	-	-	0.18
R₃ direnci									0.54
R₄ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	l _T (m)	R (gauf)
15-16	Galeri	0.017	6.2	5	180	23.5	23.5	227	0.19
16-17	Galeri	0.017	6.2	5	5	23.5	-	28.5	0.02
17-18	Galeri	0.017	6.2	5	15	1	-	16	0.01
18-19	Galeri	0.017	6.2	5	131	21.7	1	153.7	0.13
19-20	Galeri	0.017	6.2	5	75	21.7	23.5	120.2	0.10
20-21	Galeri	0.017	6.2	5	72	21.7	-	93.7	0.08
R₄ direnci									0.53

7.2.4. 4 Nolu panonun direnç hesapları



Şekil 7.2.4.1 4 Nolu panonun hava yolları

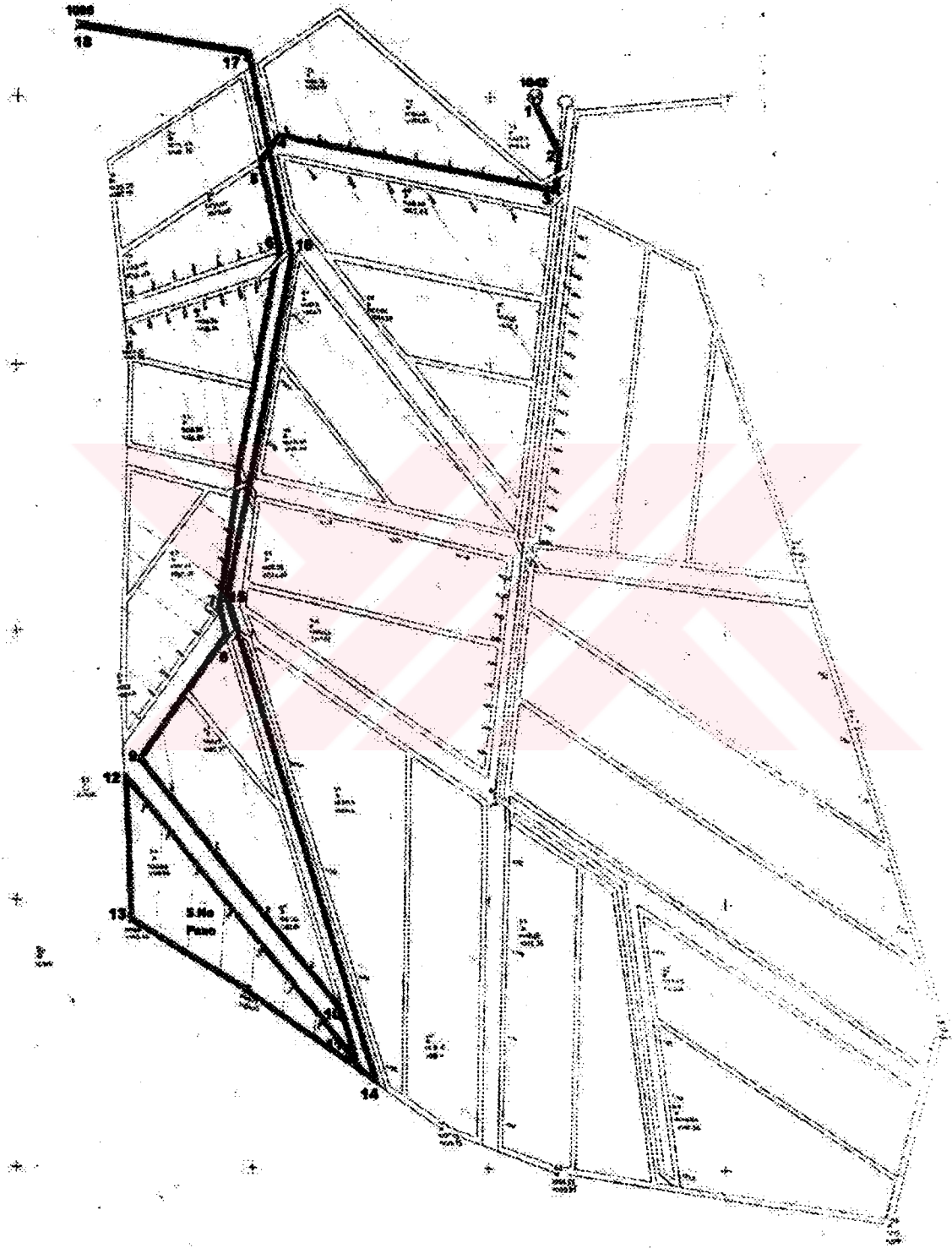


Şekil 7.2.4.2 4 Nolu panonun basit direnç diyagramı

Çizelge 7.2.4.1 4 Nolu panonun direnç değerleri

R₁ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	t _T (m)	R (gaul)
1-2	Galeri	0.017	6.2	5	21	1	1	23	0.02
2-3	Galeri	0.017	6.2	5	15	23.5	-	38.5	0.03
3-4	Galeri	0.017	6.2	5	118	1	-	119	0.10
4-5	Galeri	0.017	6.2	5	10	23.5	-	33.5	0.03
5-6	Galeri	0.017	6.2	5	34	1	-	35	0.03
6-7	Galeri	0.017	6.2	5	135	1	-	136	0.11
7-8	Galeri	0.017	6.2	5	10	23.5	-	33.5	0.03
8-9	Ayak	-	-	-	27	-	-	-	0.14
R₁ direnci									0.51
R₂ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	t _T (m)	R (gaul)
9-12	Galeri	0.017	6.2	5	58	67	50	175	0.15
R₂ direnci									0.15
R₃ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	t _T (m)	R (gaul)
9-10	Ayak	-	-	-	30	-	-	-	0.16
10-11	Galeri	0.017	6.2	5	130	23.5	50	203.5	0.17
11-12	Ayak	-	-	-	77	-	-	-	0.40
R₃ direnci									0.73
R₄ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	t _T (m)	R (gaul)
12-13	Ayak	-	-	-	62	-	-	-	0.32
13-14	Galeri	0.017	6.2	5	5	23.5	23.5	52	0.04
14-15	Galeri	0.017	6.2	5	11	1	-	12	0.01
15-16	Galeri	0.017	6.2	5	131	1	-	132	0.11
16-17	Galeri	0.017	6.2	5	75	21.7	23.5	120.2	0.10
17-18	Galeri	0.017	6.2	5	72	21.7	-	93.7	0.08
R₄ direnci									0.66

7.2.5. 5 Nolu panonun direnç hesapları



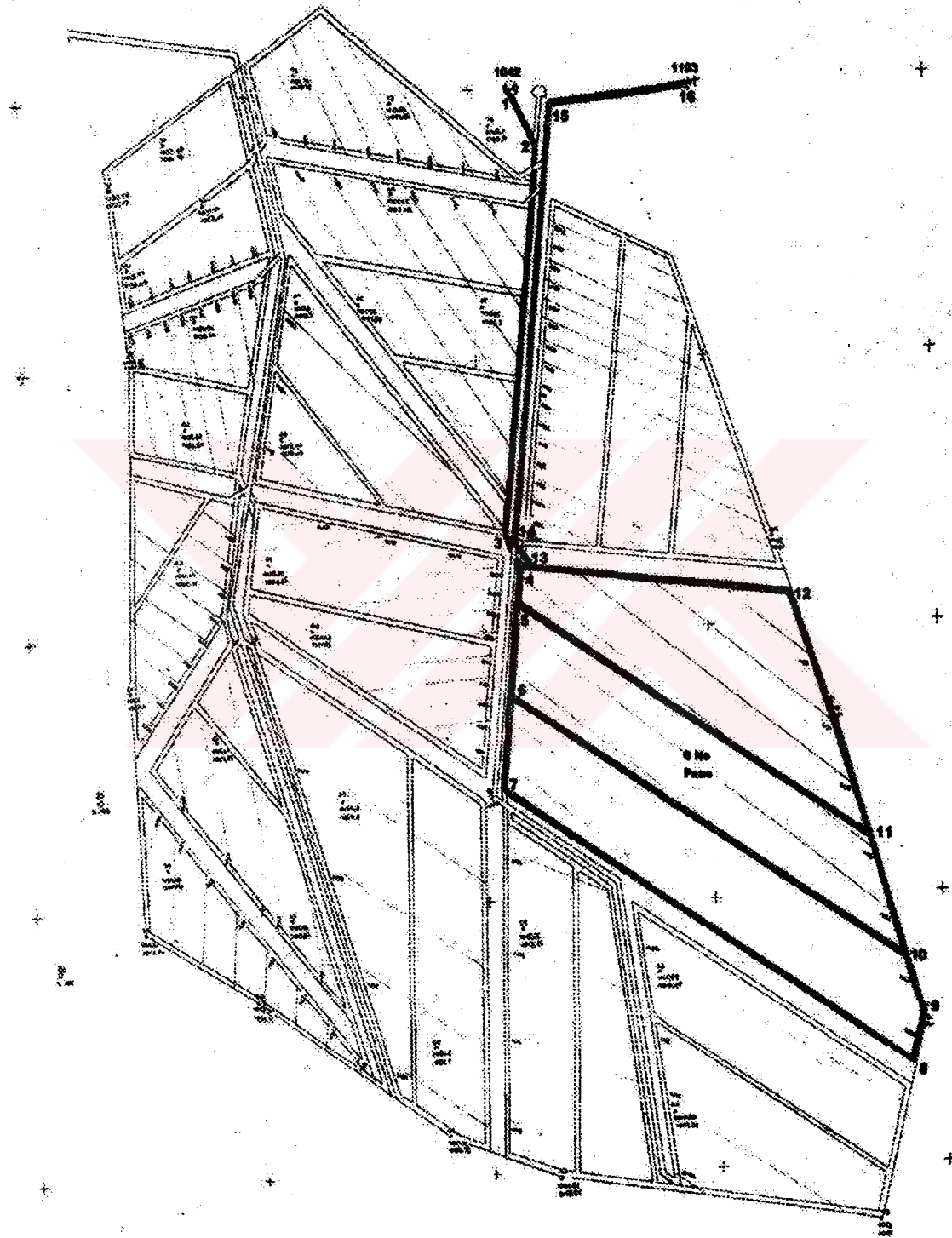
Şekil 7.2.5.1 5 Nolu panonun hava yolları

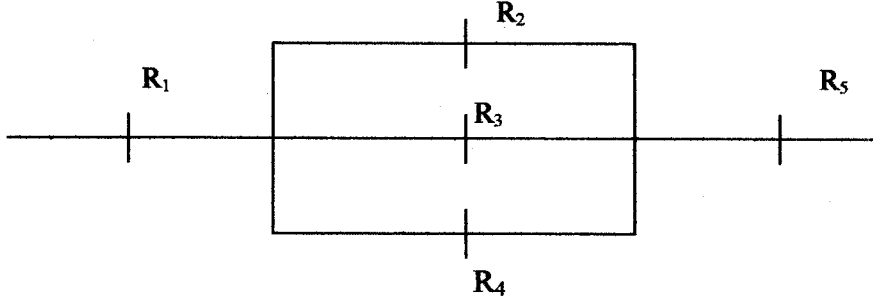


Şekil 7.2.5.2 5 Nolu panonun basit direnç diyagramı

Çizelge 7.2.5.1 5 Nolu panonun direnç değerleri

R₁ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	t (m)	t _{e1} (m)	t _{e2} (m)	t _T (m)	R (gaul)
1-2	Galeri	0.017	6.2	5	21	1	1	23	0.02
2-3	Galeri	0.017	6.2	5	15	23.5	-	38.5	0.03
3-4	Galeri	0.017	6.2	5	118	1	-	119	0.10
4-5	Galeri	0.017	6.2	5	10	23.5	-	33.5	0.03
5-6	Galeri	0.017	6.2	5	34	1	-	35	0.03
6-7	Galeri	0.017	6.2	5	135	1	-	136	0.11
7-8	Galeri	0.017	6.2	5	10	23.5	-	33.5	0.03
8-9	Galeri	0.017	6.2	5	60	23.5	-	83.5	0.07
9-10	Galeri	0.017	6.2	5	130	1	-	131	0.11
10-11	Galeri	0.017	6.2	5	19	50	-	69	0.06
11-12	Galeri	0.017	6.2	5	146	50	-	196	0.16
12-13	Ayak	-	-	-	55	-	-	-	0.29
R₁ direnci									1.04
R₂ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	t (m)	t _{e1} (m)	t _{e2} (m)	t _T (m)	R (gaul)
13-14	Galeri	0.017	6.2	5	120	23.5	50	193.5	0.16
14-15	Galeri	0.017	6.2	5	190	1	-	191	0.16
15-16	Galeri	0.017	6.2	5	131	1	-	132	0.11
16-17	Galeri	0.017	6.2	5	75	21.7	23.5	120.2	0.10
17-18	Galeri	0.017	6.2	5	72	21.7	-	93.7	0.08
R₂ direnci									0.61

7.2.6 6 Nolu panonun direnç hesapları**Şekil 7.2.6.1 6 Nolu panonun hava yolları**

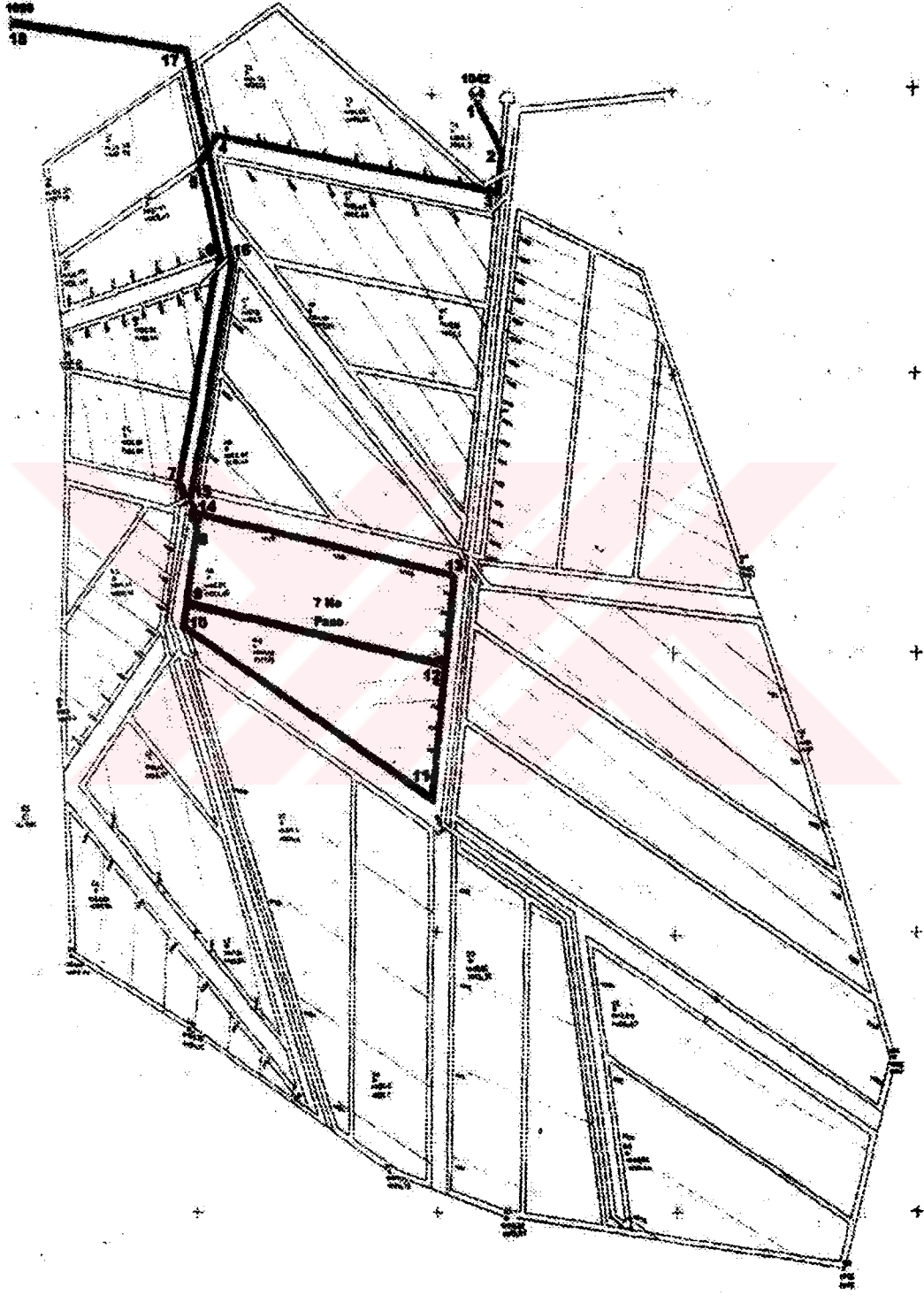


Şekil 7.2.6.2 6 Nolu panonun basit direnç diyagramı

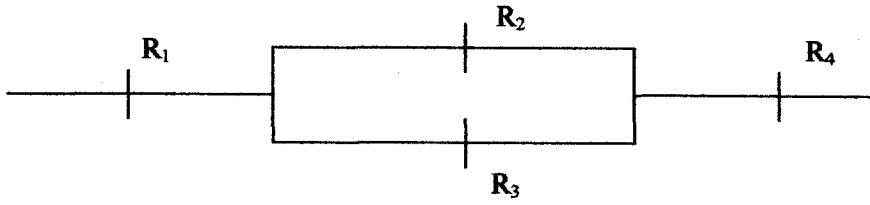
Çizelge 7.2.6.1 6 Nolu panonun direnç değerleri

R₁ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	t (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	t _T (m)	R (gaul)
1-2	Galeri	0.017	6.2	5	21	1	1	23	0.02
2-3	Galeri	0.017	6.2	5	144	1	-	145	0.12
3-4	Galeri	0.017	6.2	5	19	1	-	20	0.02
4-5	Ayak	-	-	-	13	-	-	-	0.07
R₁ direnci									0.23
R₂ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	t (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	t _T (m)	R (gaul)
5-11	Galeri	0.017	6.2	5	175	10	50	235	0.20
11-12	Ayak	-	-	-	95	-	-	-	0.49
R₂ direnci									0.69
R₃ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	t (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	t _T (m)	R (gaul)
5-6	Ayak	-	-	-	35	-	-	-	0.18
6-10	Galeri	0.017	6.2	5	196	10	50	256	0.21
10-11	Ayak	-	-	-	45	-	-	-	0.23
R₃ direnci									0.62
R₄ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	t (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	t _T (m)	R (gaul)
6-7	Ayak	-	-	-	35	-	-	-	0.18
7-8	Galeri	0.017	6.2	5	203	23.5	23.5	250	0.21
8-9	Ayak	-	-	-	19	-	-	-	0.09
9-10	Ayak	-	-	-	21	-	-	-	0.11
R₄ direnci									0.59
R₅ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	t (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	t _T (m)	R (gaul)
12-13	Galeri	0.017	6.2	5	115	23.5	1	139.5	0.12
13-14	Galeri	0.017	6.2	5	9	23.5	-	32.5	0.03
14-15	Galeri	0.017	6.2	5	162	23.5	-	185.5	0.16
15-16	Galeri	0.017	6.2	5	61	21.7	-	82.7	0.07
R₅ direnci									0.38

7.2.7. 7 Nolu panonun direnç hesapları



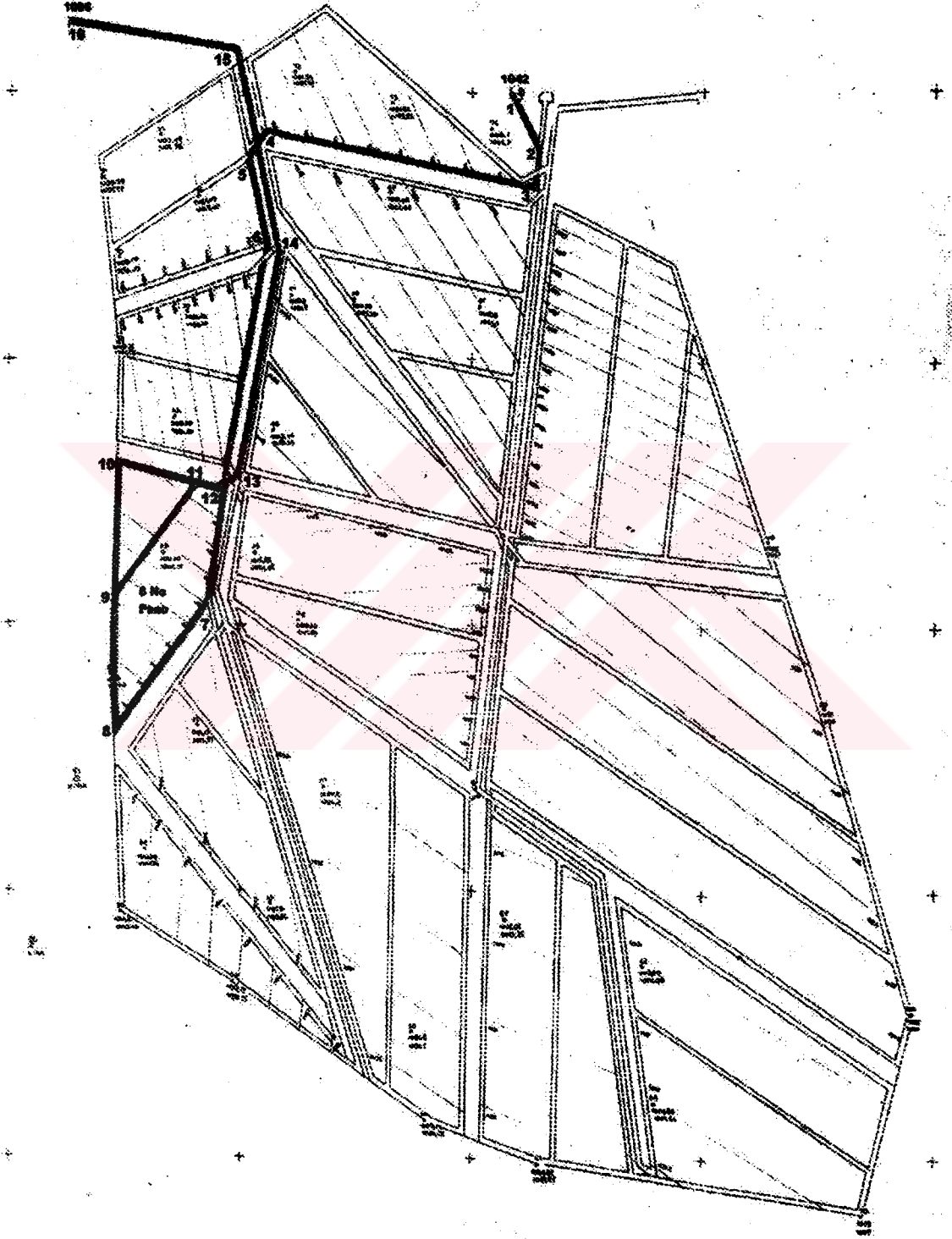
Şekil 7.2.7.1 7 Nolu panonun hava yolları

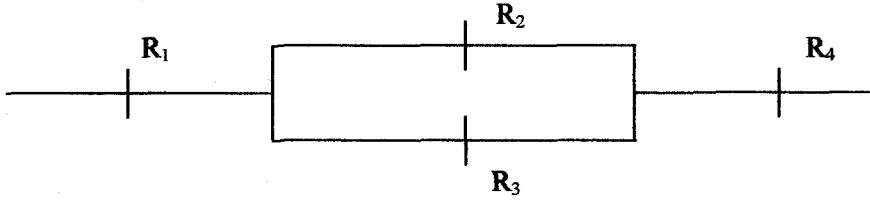


Şekil 7.2.7.2 7 Nolu panonun basit direnç diyagramı

Çizelge 7.2.7.1 7 Nolu panonun direnç değerleri

R₁ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	t _T (m)	R (gaul)
1-2	Galeri	0.017	6.2	5	21	1	1	23	0.02
2-3	Galeri	0.017	6.2	5	15	23.5	-	38.5	0.03
3-4	Galeri	0.017	6.2	5	118	1	-	119	0.10
4-5	Galeri	0.017	6.2	5	10	23.5	-	33.5	0.03
5-6	Galeri	0.017	6.2	5	34	1	-	35	0.03
6-7	Galeri	0.017	6.2	5	83	23.5	-	106.5	0.09
7-8	Galeri	0.017	6.2	5	15	23.5	-	38.5	0.03
8-9	Ayak	-	-	-	26	-	-	-	0.13
R₁ direnci									0.46
R₂ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	t _T (m)	R (gaul)
9-12	Galeri	0.017	6.2	5	108	67	23.5	198.5	0.17
12-13	Ayak	-	-	-	31	-	-	-	0.16
R₂ direnci									0.33
R₃ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	t _T (m)	R (gaul)
9-10	Ayak	-	-	-	8	-	-	-	0.03
10-11	Galeri	0.017	6.2	5	123	23.5	50	196.5	0.16
11-12	Ayak	-	-	-	48	-	-	-	0.25
R₃ direnci									0.44
R₄ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	t _T (m)	R (gaul)
13-14	Galeri	0.017	6.2	5	108	23.5	1	132.5	0.11
14-15	Galeri	0.017	6.2	5	6	23.5	-	29.5	0.02
15-16	Galeri	0.017	6.2	5	87	1	-	88	0.07
16-17	Galeri	0.017	6.2	5	75	21.7	23.5	120.2	0.10
17-18	Galeri	0.017	6.2	5	72	21.7	-	93.7	0.08
R₄ direnci									0.38

7.2.8. 8 Nolu panonun direnç hesapları**Şekil 7.2.8.1 8 Nolu panonun hava yolları**

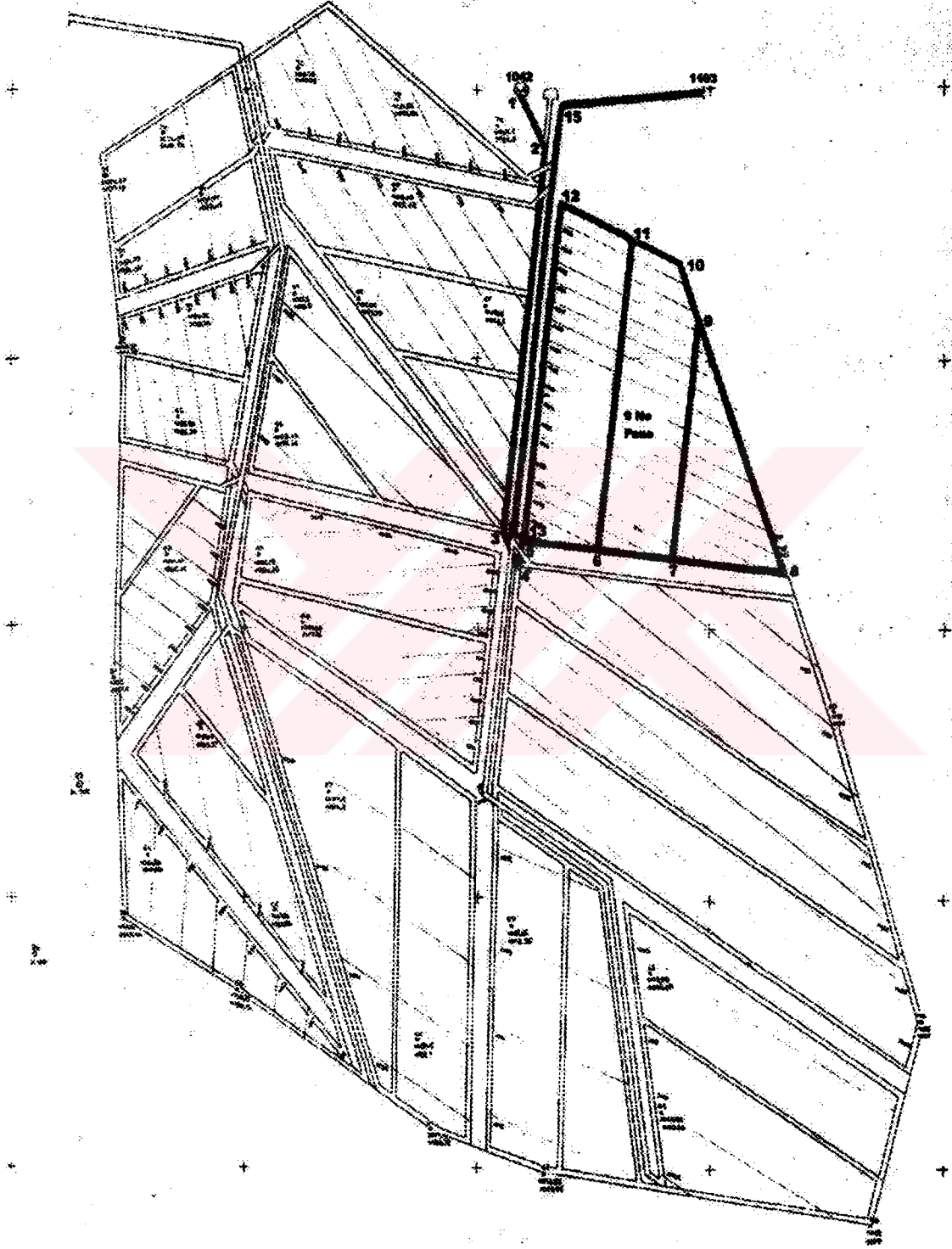


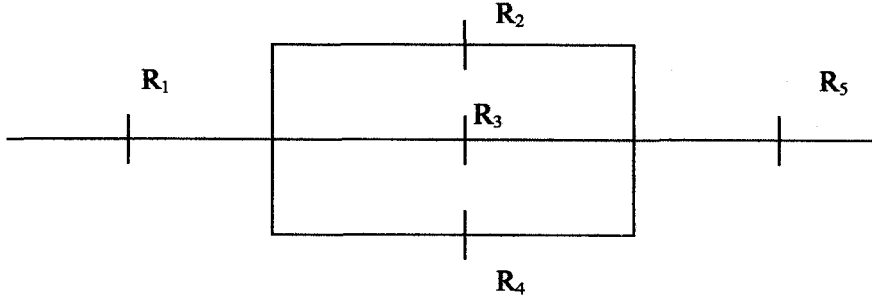
Şekil 7.2.8.2 8 Nolu panonun basit direnç diyagramı

Çizelge 7.2.8.1 8 Nolu panonun direnç değerleri

R₁ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	t _T (m)	R (gaul)
1-2	Galeri	0.017	6.2	5	21	1	1	23	0.02
2-3	Galeri	0.017	6.2	5	15	23.5	-	38.5	0.03
3-4	Galeri	0.017	6.2	5	118	1	-	119	0.10
4-5	Galeri	0.017	6.2	5	10	23.5	-	33.5	0.03
5-6	Galeri	0.017	6.2	5	34	1	-	35	0.03
6-7	Galeri	0.017	6.2	5	135	1	-	136	0.11
7-8	Galeri	0.017	6.2	5	64	50	-	114	0.10
8-9	Ayak	-	-	-	52	-	-	-	0.27
R₁ direnci									0.69
R₂ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	t _T (m)	R (gaul)
9-11	Galeri	0.017	6.2	5	54	10	23.5	87.5	0.07
R₂ direnci									0.07
R₃ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	t _T (m)	R (gaul)
9-10	Ayak	-	-	-	49	-	-	-	0.25
10-11	Galeri	0.017	6.2	5	34	23.5	-	57.5	0.05
R₃ direnci									0.30
R₄ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	t _T (m)	R (gaul)
11-12	Galeri	0.017	6.2	5	9	1	-	10	0.008
12-13	Galeri	0.017	6.2	5	8	21.7	1	30.7	0.02
13-14	Galeri	0.017	6.2	5	87	1	-	88	0.07
14-15	Galeri	0.017	6.2	5	75	21.7	23.5	120.2	0.10
15-16	Galeri	0.017	6.2	5	72	21.7	-	93.7	0.08
R₄ direnci									0.28

T.C. YÜZÜNCÜ YIL KURULUŞU
DOKÜMANLAMA MERKEZİ

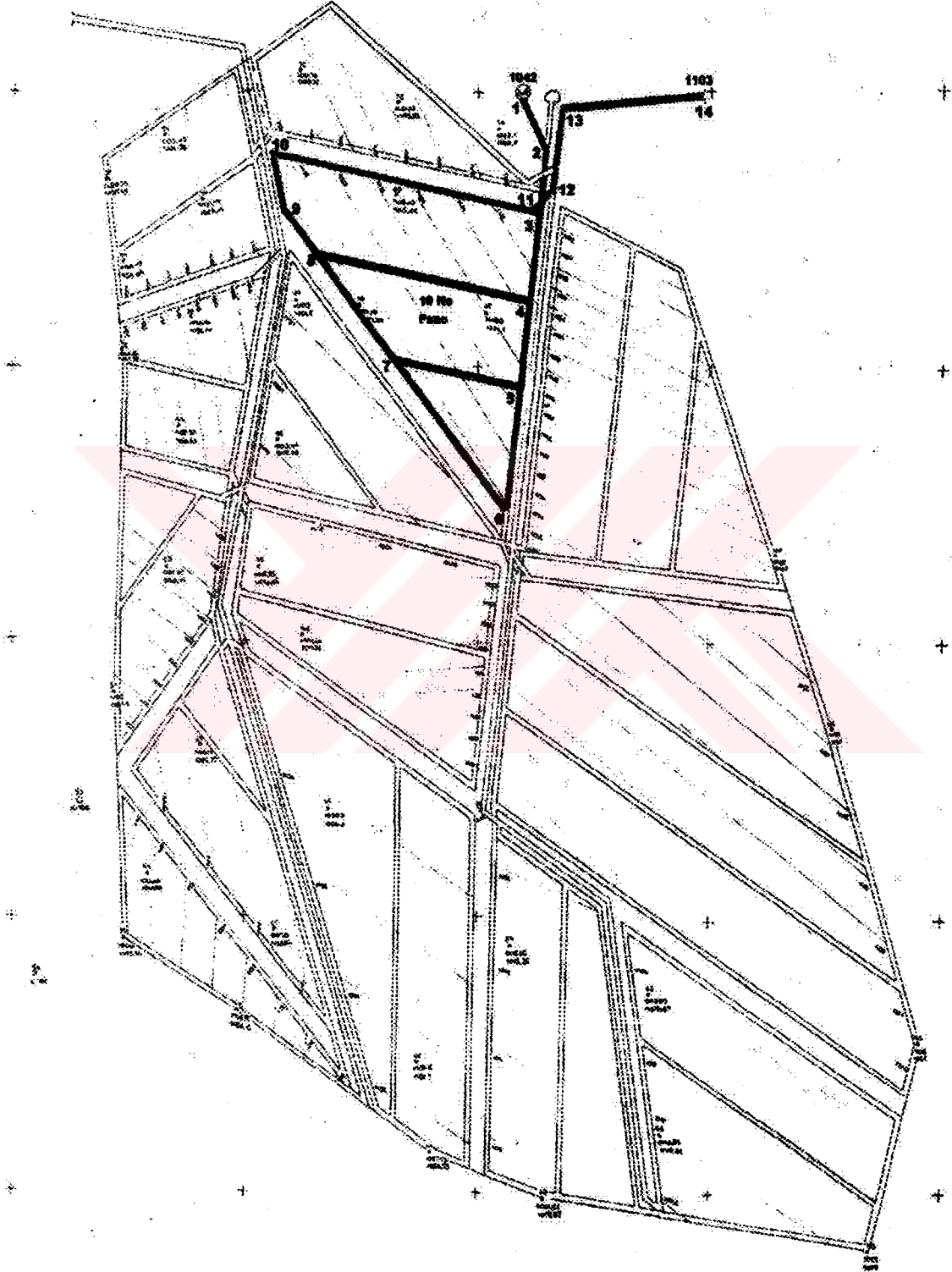
7.2.9. 9 Nolu panonun direnç hesapları**Şekil 7.2.9.1 9 Nolu panonun hava yolları**

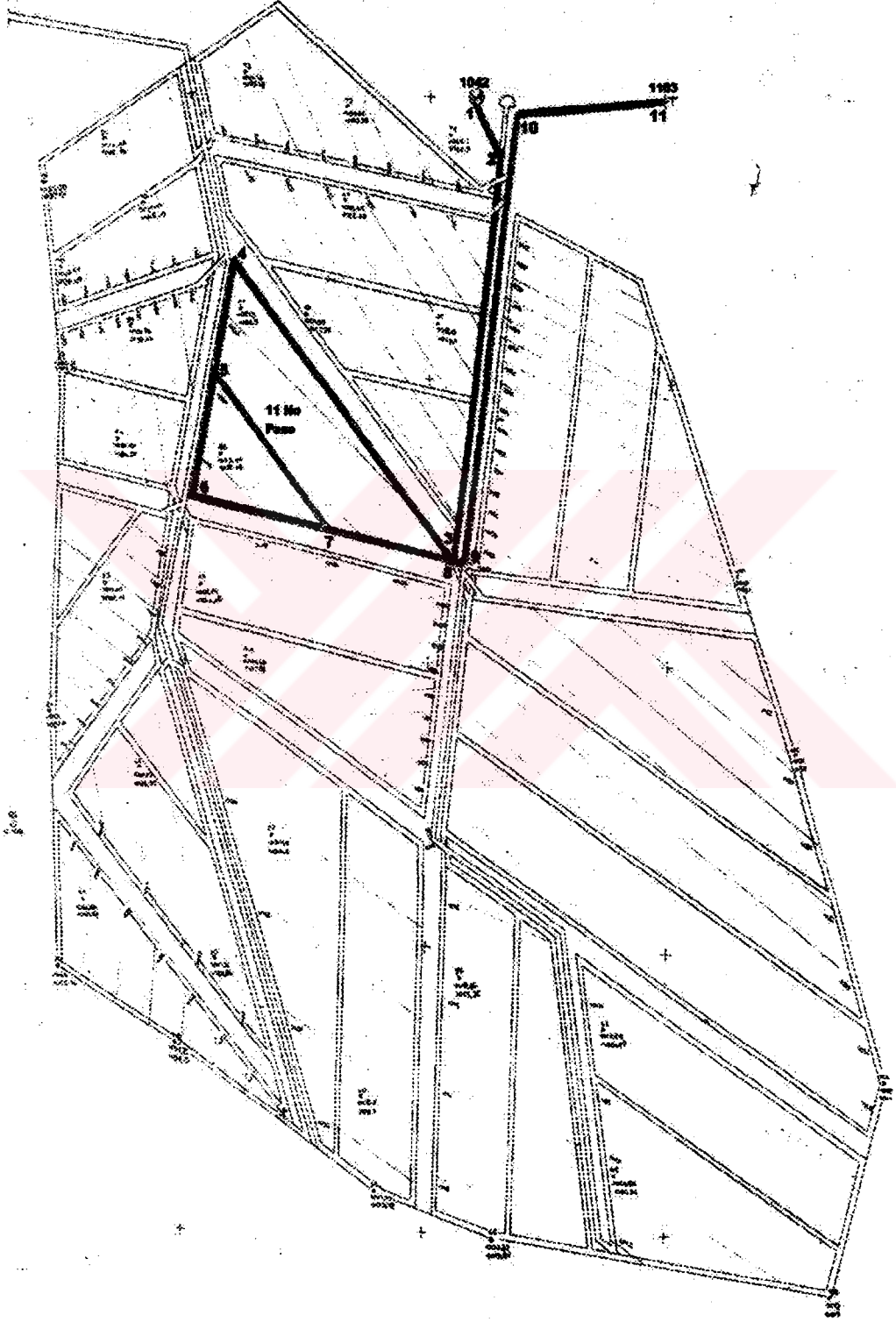


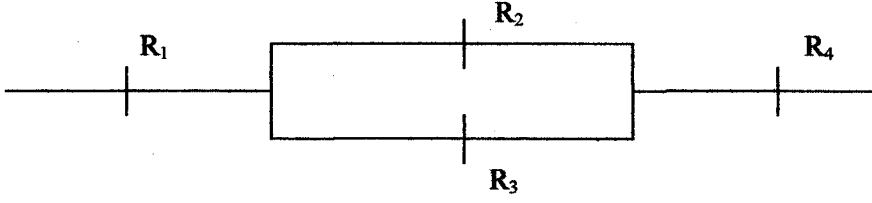
Şekil 7.2.9.2 9 Nolu panonun basit direnç diyagramı

Çizelge 7.2.9.1 9 Nolu panonun direnç değerleri

R₁ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	t _T (m)	R (gaul)
1-2	Galeri	0.017	6.2	5	21	1	1	23	0.02
2-3	Galeri	0.017	6.2	5	144	1	-	145	0.12
3-4	Galeri	0.017	6.2	5	20	50	-	70	0.06
4-5	Galeri	0.017	6.2	5	10	23.5	-	26.5	0.02
4-5	Ayak	-	-	-	32	-	-	-	0.17
R₁ direnci									0.39
R₂ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	t _T (m)	R (gaul)
6-11	Galeri	0.017	6.2	5	115	67	23.5	205.5	0.17
11-12	Ayak	-	-	-	32	-	-	-	0.17
R₂ direnci									0.34
R₃ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	t _T (m)	R (gaul)
6-7	Ayak	-	-	-	32	-	-	-	0.17
7-9	Galeri	0.017	6.2	5	87	67	1	155	0.13
9-10	Ayak	-	-	-	24	-	-	-	0.12
10-11	Ayak	-	-	-	22	-	-	-	0.11
R₃ direnci									0.53
R₄ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	t _T (m)	R (gaul)
7-8	Ayak	-	-	-	45	-	-	-	0.23
8-9	Ayak	-	-	-	100	-	-	-	0.52
R₄ direnci									0.75
R₅ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	t _T (m)	R (gaul)
12-13	Galeri	0.017	6.2	5	125	50	23.5	198.5	0.17
13-14	Galeri	0.017	6.2	5	5	23.5	-	28.5	0.02
14-15	Galeri	0.017	6.2	5	160	23.5	-	183.5	0.15
15-16	Galeri	0.017	6.2	5	61	21.7	-	82.7	0.07
R₅ direnci									0.41

7.2.10. 10 Nolu panonun direnç hesapları**Şekil 7.2.10.1 10 Nolu panonun hava yolları**

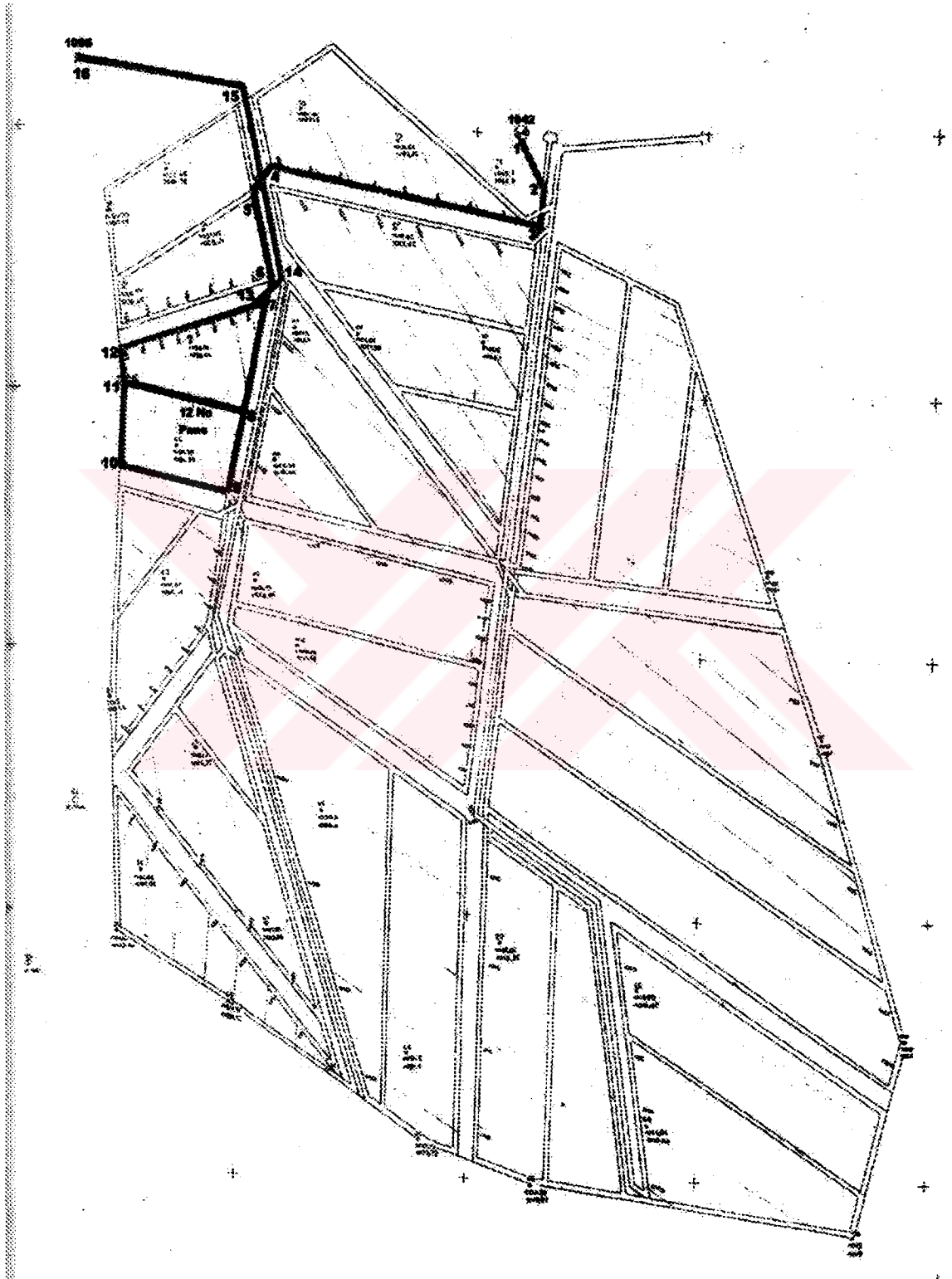
7.2.11. 11 Nolu panonun direnç hesapları**Şekil 7.2.11.1 11 Nolu panonun hava yolları**

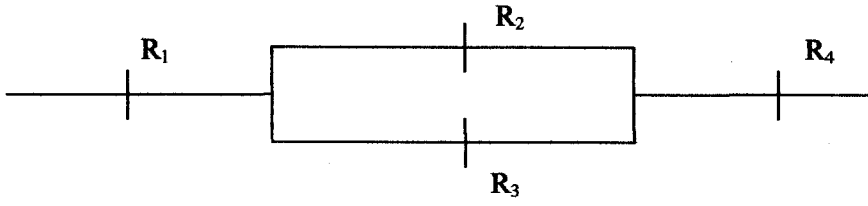


Şekil 7.2.11.2 11 Nolu panonun basit direnç diyagramı

Çizelge 7.2.11.1 11 Nolu panonun direnç değerleri

R₁ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	t _T (m)	R (gaul)
1-2	Galeri	0.017	6.2	5	21	1	1	23	0.02
2-3	Galeri	0.017	6.2	5	144	50	-	194	0.16
3-4	Galeri	0.017	6.2	5	138	50	-	188	0.16
4-5	Ayak	-	-	-	41	-	-	-	0.21
R₁ direnci									0.55
R₂ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	t _T (m)	R (gaul)
5-7	Galeri	0.017	6.2	5	71	10	1	82	0.07
R₂ direnci									0.07
R₃ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	t _T (m)	R (gaul)
5-6	Ayak	-	-	-	43	-	-	-	0.22
6-7	Ayak	-	-	-	57	-	-	-	0.30
R₃ direnci									0.52
R₄ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	t _T (m)	R (gaul)
7-8	Ayak	-	-	-	52	-	-	-	0.27
8-9	Galeri	0.017	6.2	5	10	23.5	-	33.5	0.03
9-10	Galeri	0.017	6.2	5	160	23.5	-	183.5	0.15
10-11	Galeri	0.017	6.2	5	61	21.7	-	92.7	0.07
R₄ direnci									0.52

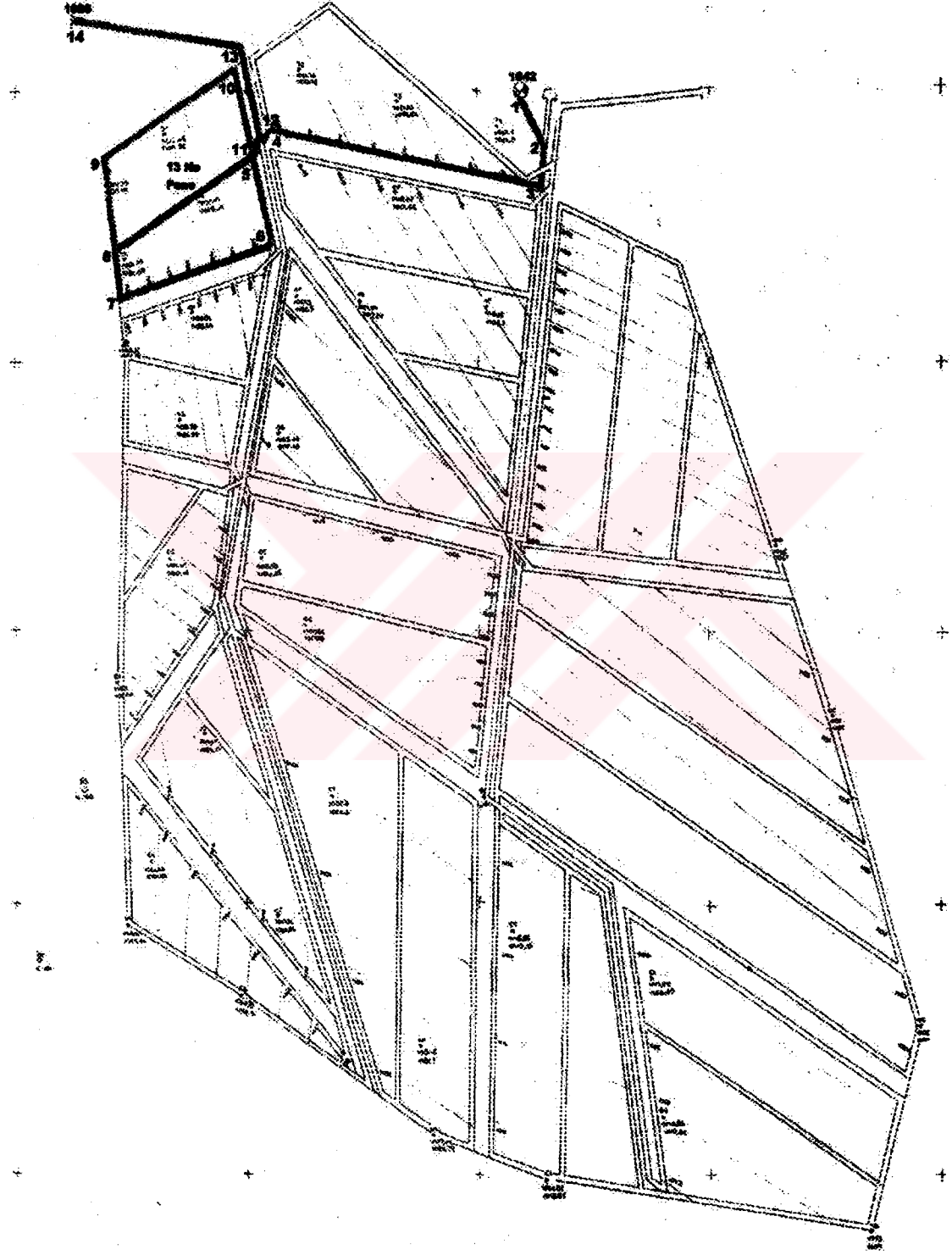
7.2.12. 12 Nolu panonun direnç hesapları**Şekil 7.2.12.1 12 Nolu panonun hava yolları**

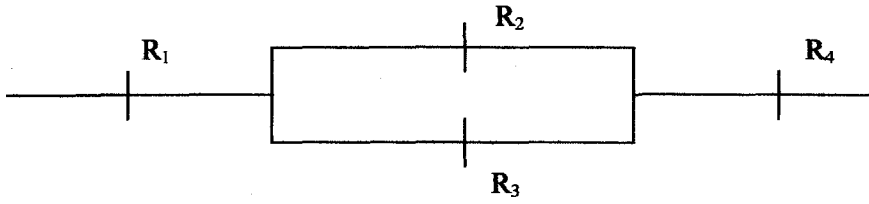


Şekil 7.2.12.2 12 Nolu panonun basit direnç diyagramı

Çizelge 7.2.12.1 12 Nolu panonun direnç değerleri

R₁ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	t _T (m)	R (gaul)
1-2	Galeri	0.017	6.2	5	21	1	1	23	0.02
2-3	Galeri	0.017	6.2	5	15	23.5	-	38.5	0.03
3-4	Galeri	0.017	6.2	5	118	1	-	119	0.10
4-5	Galeri	0.017	6.2	5	10	23.5	-	33.5	0.03
5-6	Galeri	0.017	6.2	5	34	1	-	35	0.03
6-7	Galeri	0.017	6.2	5	9	-	-	9	0.007
7-8	Ayak	-	-	-	42	-	-	-	0.22
R₁ direnci									0.44
R₂ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	t _T (m)	R (gaul)
8-11	Galeri	0.017	6.2	5	52	67	23.5	142.5	0.12
11-12	Ayak	-	-	-	10	-	-	-	0.05
R₂ direnci									0.17
R₃ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	t _T (m)	R (gaul)
8-9	Ayak	-	-	-	32	-	-	-	0.17
9-10	Galeri	0.017	6.2	5	47	23.5	23.5	94	0.08
10-11	Ayak	-	-	-	32	-	-	-	0.17
R₃ direnci									0.42
R₄ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	t _T (m)	R (gaul)
12-13	Galeri	0.017	6.2	5	61	23.5	1	85.5	0.07
13-14	Galeri	0.017	6.2	5	15	21.7	23.5	60.2	0.05
14-15	Galeri	0.017	6.2	5	75	21.7	23.5	120.2	0.10
15-16	Galeri	0.017	6.2	5	72	21.7	-	93.7	0.08
R₄ direnci									0.30

7.2.13. 13 Nolu panonun direnç hesapları**Şekil 7.2.13.1 13 Nolu panonun hava yolları**

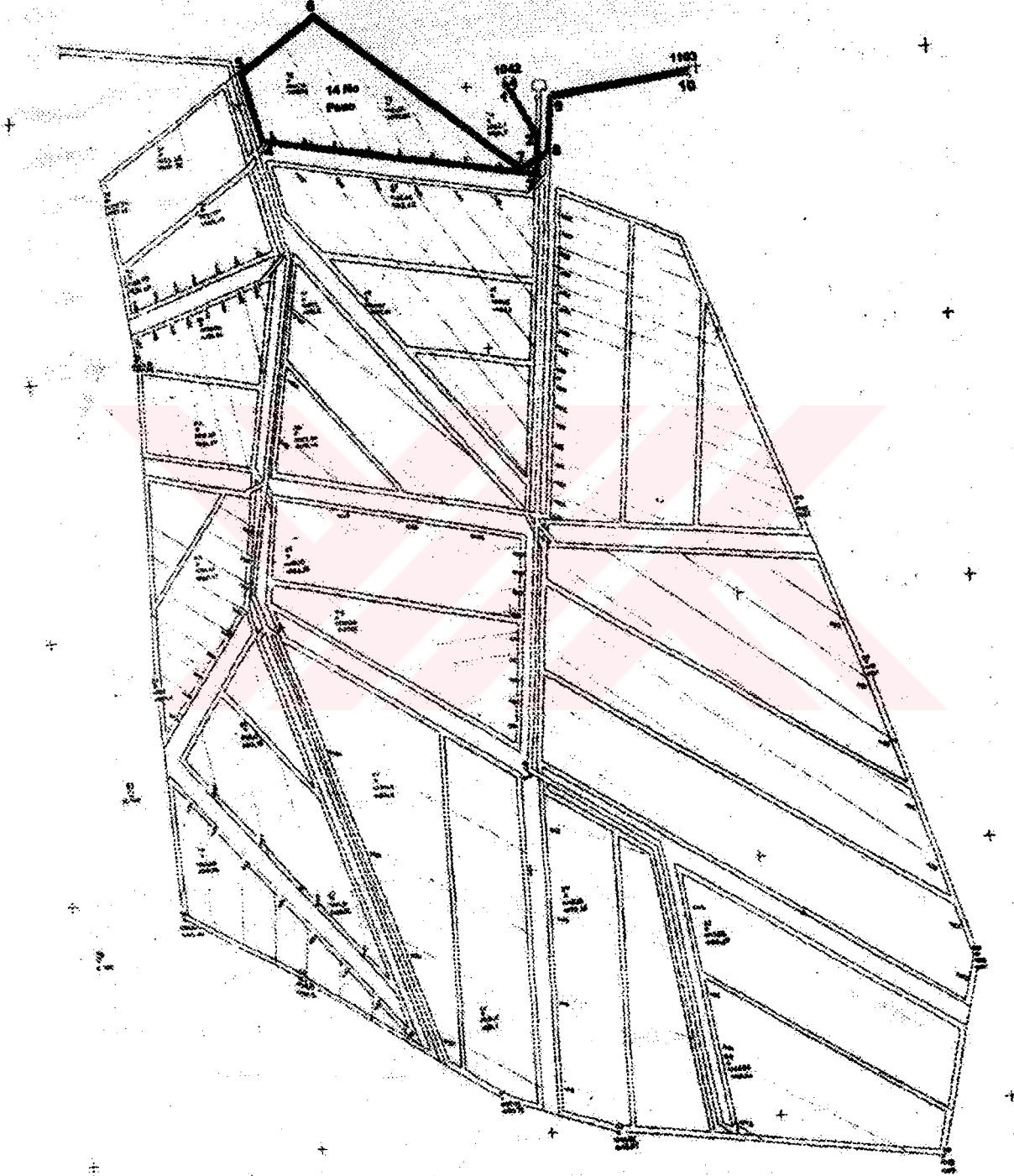


Şekil 7.2.13.2 13 Nolu panonun basit direnç diyagramı

Çizelge 7.2.13.1 13 Nolu panonun direnç değerleri

R₁ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	l _T (m)	R (gaul)
1-2	Galeri	0.017	6.2	5	21	1	1	23	0.02
2-3	Galeri	0.017	6.2	5	15	23.5	-	38.5	0.03
3-4	Galeri	0.017	6.2	5	118	1	-	119	0.10
4-5	Galeri	0.017	6.2	5	10	10	-	20	0.02
R₁ direnci									0.17
R₂ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	l _T (m)	R (gaul)
5-8	Galeri	0.017	6.2	5	66	23.5	-	89.5	0.07
8-9	Ayak	-	-	-	34	-	-	-	0.18
R₂ direnci									0.25
R₃ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	l _T (m)	R (gaul)
5-6	Ayak	-	-	-	34	-	-	-	0.18
6-7	Galeri	0.017	6.2	5	70	23.5	23.5	117	0.10
7-8	Ayak	-	-	-	17	-	-	-	0.09
R₃ direnci									0.37
R₄ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	l _T (m)	R (gaul)
9-10	Galeri	0.017	6.2	5	65	23.5	23.5	112	0.09
10-11	Ayak	-	-	-	30	-	-	-	0.16
11-12	Galeri	0.017	6.2	5	5	23.5	23.5	52	0.04
12-13	Galeri	0.017	6.2	5	34	23.5	-	57.5	0.05
13-14	Galeri	0.017	6.2	5	72	21.7	-	93.5	0.08
R₄ direnci									0.42

7.2.14. 14 Nolu panonun direnç hesapları



Şekil 7.2.14.1 14 Nolu panonun hava yolları



Şekil 7.2.14.2 14 Nolu panonun basit direnç diyagramı

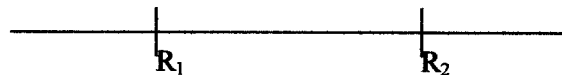
Çizelge 7.2.14.1 14 Nolu panonun direnç değerleri

R₁ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	t _T (m)	R (gaul)
1-2	Galeri	0.017	6.2	5	21	1	1	23	0.02
2-3	Galeri	0.017	6.2	5	15	23.5	-	38.5	0.03
3-4	Galeri	0.017	6.2	5	118	23.5	-	141.5	0.12
4-5	Ayak	-	-	-	28	-	-	-	0.14
5-6	Ayak	-	-	-	38	-	-	-	0.20
R₁ direnci									0.51
R₂ direnci									
Yol no	Yol adı	k (kg/m ³)	U (m)	F (m ²)	l (m)	te ₁ (m)	te ₂ (m)	t _T (m)	R (gaul)
6-7	Galeri	0.017	6.2	5	105	23.5	1	129.5	0.11
7-8	Galeri	0.017	6.2	5	11	23.5	-	34.5	0.03
8-9	Galeri	0.017	6.2	5	20	23.5	-	43.5	0.04
9-10	Galeri	0.017	6.2	5	61	21.7	-	82.7	0.07
R₂ direnci									0.25

7.3. Pano Toplam Dirençlerinin Hesaplanması

Ocak içinde, gerek nakliyat gerekse üretim aşamasında ekstra dirençler oluşabileceğinden, bulunan pano dirençlerinin değerleri %5 arttırılmıştır. Her panonun toplam direnci hesaplanırken, arttırılmış direnç değerleri kullanılmıştır. Panoların basit direnç diyagramlarından yararlanılarak pano toplam direnci hesaplanmıştır.

Havalandırma devrelerinin analizinde elektrik şebekeleri prensiplerinden yararlanır. Elektrik şebekelerinde olduğu gibi, hava yolları uç uca bağlı ise; yani hava hiçbir kola ayrılmadan akıyorsa sistemdeki kollar birbirine seri olarak bağlıdır. Eğer hava bir kavşaktan yollara ayrılıyor ise paralel bağlantı söz konusudur [5].



Şekil 7.3.1 Seri bağlantı [5]

Seri bağlantılı hava yollarına sahip panoların toplam direnci aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [5].

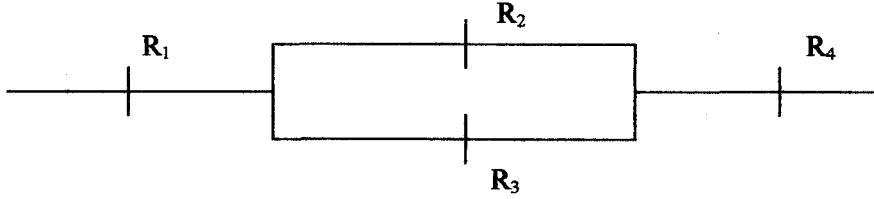
$$R_T = R_1 + R_2 \dots\dots\dots(7.3.1)$$

Burada;

R_T : Toplam direnç (gaul)

R_1 : Seri bağlı birinci kolun direnci (gaul)

R_2 : Seri bağlı ikinci kolun direnci (gaul)



Şekil 7.3.2 Paralel bağlantı [5]

Paralele bağlı hava yollarında toplam dirençler aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [5].

$$\frac{1}{\sqrt{R_E}} = \frac{1}{\sqrt{R_2}} + \frac{1}{\sqrt{R_3}} \dots\dots\dots(7.3.2)$$

Burada;

R_E : Eşdeğer direnç (gaul)

R_2 : Paralel bağlı ikinci kolun direnci (gaul)

R_3 : Paralel bağlı üçüncü kolun direnci (gaul)

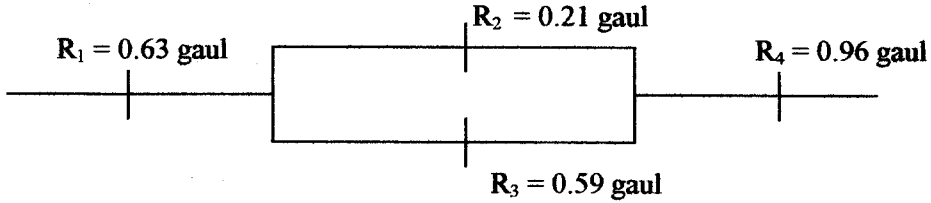
7.3.1. 1 Nolu panonun toplam direncinin hesaplanması

1 no panosunun direnç değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 7.2.1.1). Çizelge 7.3.1.1'de, 1 no panosunun direnç değerleri ve %5 arttırılmış direnç değerleri verilmiştir.

Çizelge 7.3.1.1 1 Nolu panonun direnç değerleri

Direnç	Değer (gaul)	%5 arttırılmış değer (gaul)
R_1	0.60	0.63
R_2	0.20	0.21
R_3	0.56	0.59
R_4	0.96	0.96

%5 arttırılmış direnç değerleri, önceden oluşturulmuş basit direnç diyagramlarına aktarılmıştır (Şekil 7.3.1.1).



Şekil 7.3.1.1 1 Nolu panonun direnç değerlerinin basit direnç diyagramında gösterimi

Bu diyagrama göre, R_2 ve R_3 dirençlerinin bulunduğu kollar, paralel koldur. Bu iki kolun eşdeğer direnci ($R_{Eş}$) bulunduktan sonra R_1 ve R_4 dirençleri seri bağlanarak, 1 no panonun toplam direnci (R_T) bulunmuştur.

$$\frac{1}{\sqrt{R_{Eş}}} = \frac{1}{\sqrt{R_2}} + \frac{1}{\sqrt{R_3}} \dots\dots\dots(7.3.1.1)$$

$$\frac{1}{\sqrt{R_{Eş}}} = \frac{1}{\sqrt{0.21}} + \frac{1}{\sqrt{0.59}}$$

$$R_{Eş} = 0.08 \text{ gaul}$$

$$R_T = R_1 + R_{Eş} + R_4 \dots\dots\dots(7.3.1.2)$$

$$R_T = 0.63 + 0.08 + 0.96$$

$$R_T = 1.67 \text{ gaul}$$

Ocaktaki diğer panoların (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 no'lu panolar) toplam dirençleri de bu şekilde bulunmuştur. Yani, paralel kollara sahip panoların toplam direnci; eşdeğer dirençleri ($R_{Eş}$) bulunduktan sonra seri kollardaki dirençler ile toplanarak hesaplanmıştır. Seri kollara sahip panoların toplam direnci ise; kollardaki dirençlerin toplanması ile hesaplanmıştır.

Ocaktaki tüm panoların toplam dirençleri (R_T), Çizelge 7.3.2'de verilmiştir. Bu çizelgede; pano dirençleri, arttırılmış pano dirençleri, paralel kollara sahip panoların eşdeğer dirençleri ve o panonun toplam direnci verilmiştir.

Çizelge 7.3.2 Ocaktaki tüm panoların toplam dirençleri

Pano Adı	Pano direnç değerleri (gaul)					%5 arttırılmış direnç değerleri (gaul)					(R _g) (gaul)	(R _T) (gaul)
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅		
1	0.60	0.20	0.56	0.92	-	0.63	0.21	0.59	0.96	-	0.08	1.67
2	0.52	0.19	0.41	0.58	-	0.54	0.20	0.43	0.61	-	0.07	1.22
3	0.77	0.24	0.54	0.53	-	0.81	0.25	0.57	0.55	-	0.09	1.45
4	0.51	0.15	0.73	0.66	-	0.53	0.16	0.76	0.69	-	0.07	1.29
5	1.04	0.61	-	-	-	1.09	0.64	-	-	-	-	1.73
6	0.23	0.69	0.62	0.59	0.38	0.24	0.72	0.65	0.62	0.40	0.07	0.71
7	0.46	0.33	0.44	0.38	-	0.48	0.34	0.46	0.40	-	0.10	0.98
8	0.69	0.07	0.30	0.28	-	0.72	0.08	0.31	0.29	-	0.03	1.04
9	0.39	0.34	0.53	0.75	0.41	0.41	0.36	0.55	0.79	0.43	0.06	0.90
10	0.21	0.34	0.52	0.61	0.28	0.22	0.36	0.54	0.64	0.29	0.05	0.56
11	0.55	0.07	0.52	0.52	-	0.58	0.08	0.54	0.54	-	0.04	1.16
12	0.44	0.17	0.42	0.30	-	0.46	0.18	0.44	0.31	-	0.07	0.97
13	0.17	0.25	0.37	0.42	-	0.18	0.26	0.39	0.44	-	0.08	0.70
14	0.51	0.25	-	-	-	0.53	0.26	-	-	-	-	0.79

7.4. Ocak İçin Gerekli Hava Miktarının Hesaplanması

Üretim yapılacak linyit damarlarında metan çıkışı oldukça düşük olduğundan, gerekli hava miktarının hesaplanmasında, üretim bölgelerinde çalışacak işçi sayıları temel alınmıştır.

Bir işçi için hava gereksinimi (q_i) $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ ($6 \text{ m}^3/\text{dakika}$) olduğu kabulüne dayanarak gerekli hava miktarı hesaplanmıştır [5].

Ocakta çalışacak işçi sayısı (n_i) 50 olduğuna göre, ocak için gerekli hava miktarı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [3].

$$Q = n_i \times q_i \dots\dots\dots(7.4.1)$$

$$Q = 50 \times 0.1$$

$$Q = 5 \text{ m}^3/\text{s}$$

Burada;

Q : Ocak için gerekli hava miktarı (m^3/s)

q_i : 1 işçi için gerekli hava miktarı (m^3/s)

n_i : Ocakta çalıştırılacak işçi sayısı (adet)

Hesaplanan hava miktarı ($5 \text{ m}^3/\text{s}$), %50 arttırılarak ocak içinde dolaştırılacak hava miktarı emniyetli hale getirilmiştir.

$$Q = 7.5 \text{ m}^3/\text{s} \text{ olarak hesaplanır.}$$

7.5. Ocakta Kullanılacak Vantilatör Gücünün Hesaplanması

Ocakta kullanılması planlanan vantilatörün motor gücü aşağıdaki formüllerle hesaplanmıştır [5].

$$N_V = \frac{Q \times P_h}{102 \times n_R} \dots\dots\dots(7.5.1)$$

$$P_h = R_O \times Q^2 \dots\dots\dots(7.5.2)$$

Burada;

N_V : Vantilatörün motor gücü (kW)

Q : Ocak için gerekli hava miktarı (m^3/s)

n_R : Vantilatör randımanı. Hesaplamalarda, 0.80 alınmıştır.

P_h : Basınç düşüşü (N/m^2)

R_O : Ocağın en yüksek direnci (gaul). Bunun için; ocaktaki en yüksek direnç değerine sahip olan, 5 no panonun direnç değeri ($R : 1.73$ gaul) alınmıştır (Çizelge 7.3.2). Çünkü, ocağa gönderilecek havanın kolaylıkla dolaşması için, seçilecek vantilatörün gücü, bu direnci yenmek mecburiyetindedir.

$$P_h = R_O \times Q^2 \dots\dots\dots(7.5.3)$$

$$P_h = 1.73 \times (7.5)^2$$

$$P_h = 97.3 \text{ N/m}^2$$

$$N_V = \frac{Q \times P_h}{102 \times n_R} \dots\dots\dots(7.5.4)$$

$$N_V = \frac{7.5 \times 97.3}{102 \times 0.80}$$

$$N_V = 9 \text{ kW}$$

Sonuç olarak, 9 kW'lık bir üfleyici vantilatör seçilmiştir. Üfleyici vantilatör seçilmesinin iki önemli nedeni vardır. Birincisi, daha az maliyetle ocak havalandırılmasının sağlanmasıdır. Eğer emici vantilatör kullanılırsa, iki adet nefeslik olduğundan minimum iki vantilatör çalıştırılacaktı. Halbuki, ocak girişine konulacak sadece bir üfleyici vantilatör ile ocak havalandırılması sağlanacaktır (Ek-10). İkinci önemli neden ise, üretim yapılacak bölgelere devamlı temiz hava göndermek istenmesidir. Çünkü bu, iş verimi ve işçi emniyeti açısından oldukça önemlidir.

7.6. Panolara Gönderilen Havanın Kollara Göre Dağılımı Ve Yeterlilik Analizi

Ocağa gönderilen hava, yolların dirençlerine bağlı olarak doğal bir dağılım gösterir. Bu işlem “serbest dağılım” olarak bilinmektedir. Ancak bu dağılım, genellikle istenilen bir dağılımı yansıtamaz. Başka bir deyişle, gerekli yerlerde yeterli miktardaki havayı sağlamaktan uzaktır. Bu nedenle, havayı yeraltında değişik yerlere kontrollü olarak göndermek gerekmektedir [3].

Hava miktarlarını ayarlama işlemleri üç yöntemle yapılır [3].

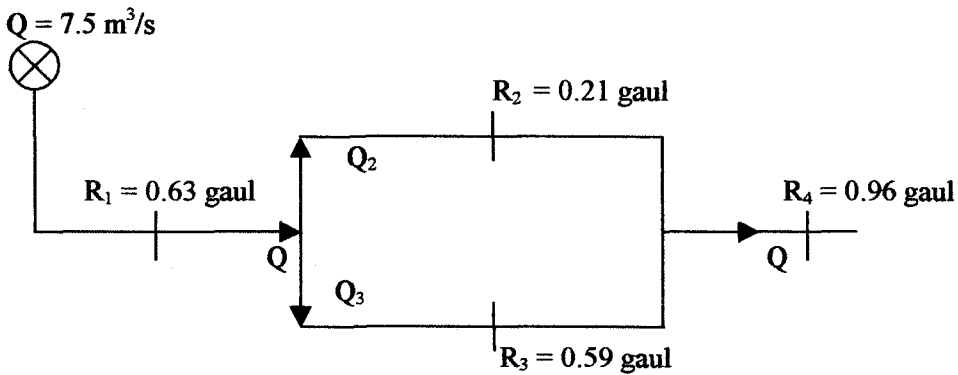
- Hava miktarı artırılması istenen yolun direncini azaltarak (pozitif ayarlama),
- Hava miktarının artırılması istenen yola kol pervanesi koyarak,
- Hava miktarının azaltılması istenen yola ayarlı kapı (regülatör) koyarak (negatif ayarlama).

Hesaplanan hava miktarı ($7.5 \text{ m}^3/\text{s}$), paralel kollara sahip panolarda direnç değerleri göz önüne alınarak dağıtılmıştır. Kollara dağılan hava miktarının yeterlilik analizi; o kolda çalışan işçi sayısına bağlı olarak yapılmıştır.

Seri kollara sahip panolarda hava dağılımı olmadığı için hesaplanan hava miktarı sabit kalacak ve değişmeyecektir [3].

7.6.1. 1 Nolu panonun hava dağılım analizi

1 no panosunun hava dağılım diyagramı çizilmiştir (Şekil 7.6.1.1). Hava, paralele iki kol arasında direnç değerlerine bağlı olarak dağıtılmıştır.



Şekil 7.6.1.1 1 Nolu panonun hava dağılım diyagramı

Paralel iki kol arasında dağılan hava miktarları (Q_2 ve Q_3) aşağıdaki formüllerle hesaplanmıştır [5].

$$Q_2 = Q \times \frac{\sqrt{R_{E3}}}{\sqrt{R_2}} \dots\dots\dots(7.6.1.1)$$

$$Q_3 = Q - Q_2 \dots\dots\dots(7.6.1.2)$$

Burada;

Q_2 : R_2 direncinin bulunduğu kola giden hava miktarı (m^3/s)

Q_3 : R_3 direncinin bulunduğu kola giden hava miktarı (m^3/s)

Q : Ocak için gerekli hava miktarı (m^3/s)

R_{E3} : Paralele iki kolun eş değer direnci (gaul). Her panonun eşdeğer direnci (R_{E3})

Çizelge 7.3.2'de verilmiştir.

R_2 : Paralel bağlı ikinci kolun direnci (gaul)

$$Q_2 = Q \times \frac{\sqrt{R_{E3}}}{\sqrt{R_2}} \dots\dots\dots(7.6.1.3)$$

$$Q_2 = 7.5 \times \frac{\sqrt{0.08}}{\sqrt{0.21}}$$

$$Q_2 = 4.63 \text{ m}^3/s$$

$$Q_3 = Q - Q_2 \dots\dots\dots(7.6.1.4)$$

$$Q_3 = 7.5 - 4.63$$

$$Q_3 = 2.87 \text{ m}^3/s$$

R_2 ve R_3 dirençlerinin bulunduğu kollara dağılan hava miktarlarının (Q_2 ve Q_3) yeterlilik analizi aşağıda yapılmıştır. Buna göre, R_2 direncinin bulunduğu kolda 15 işçi çalıştırılması planlanmıştır. 15 işçi için gerekli hava miktarları;

$$Q_i = n_i \times q_i \dots\dots\dots(7.6.1.5)$$

$$Q_i = 15 \times 0.1$$

$$Q_i = 1.5 \text{ m}^3/s \text{ olarak hesaplanır.}$$

Sonuçta, 15 işçi için gerekli hava miktarı ($1.5 \text{ m}^3/s$), R_2 direncinin bulunduğu kola gönderile hava miktarından ($4.63 \text{ m}^3/s$) küçüktür. Dolayısıyla, R_2 direncinin bulunduğu kola giden hava miktarı yeterli olacaktır.

R_3 direncinin bulunduğu kolda ise, 15 işçi çalıştırılması planlanmıştır. 15 işçi için gerekli hava miktarları (Q_i) da aynı şekilde $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ bulunmuştur. Buna göre, 15 işçi için gerekli hava miktarı ($1.5 \text{ m}^3/\text{s}$), R_3 direncinin bulunduğu kola gönderile hava miktarından ($2.87 \text{ m}^3/\text{s}$) küçüktür. Dolayısıyla, R_3 direncinin bulunduğu kola giden hava miktarı yeterli olacaktır. 1 nolu pano için yapılan tüm bu işlemler Çizelge 7.6.1.1'de verilmiştir.

Çizelge 7.6.1.1 1 Nolu panonun hava dağılım analizi sonuçları

Paralel dirençler	Değer (gaul)	R_{E_f} (gaul)	Dağılan hava miktarı (m^3/sn)	İşçi sayısı (adet)	İşçi sayısına göre hava miktarı (m^3/sn)	Havanın yeterliliği
R_2	0.21	0.08	4.63	15	1.5	Yeterli
R_3	0.59		2.87	15	1.5	Yeterli

Çizelge 7.6.1.2'de, ocaktaki tüm panoların hava dağılım analiz sonuçları verilmiştir. Bu çizelgede, panolardaki paralel kolların direnç değerleri ve bu kollarda çalışan işçi sayısına bağlı olarak hava yeterlilik analiz sonuçları verilmiştir. Ancak, 5 ve 14 nolu panoların hava yolları birbirine seri olarak bağlandığından (Şekil 7.2.5.2 ve Şekil 7.2.14.2) ve herhangi bir hava dağılımı söz konusu olmayacağından hava dağılım analizleri yapılmamıştır. Başka bir deyişle; ocağa gönderilen $7.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 'lik hava miktarı sabit kalacağı için 5 ve 14 nolu panolara gönderilen hava yeterli olacaktır.

Sonuç olarak; paralel kollara sahip panolarda dağılan hava miktarı yeterli olacağından, kollar arasında hava miktarını ayarlama işlemlerinin (pozitif ayarlama, kol pervanesi ve negatif ayarlama) yapılmasına gerek olmadığı sonucuna varılmıştır.

8. SU İHRACININ PROJELENDİRİLMESİ

Ocağa oluşan su en düşük kota toplanacağından, bu kottaki suyun ihracı için izlenecek yol ve tulumbaların yerleri Ek-11'da gösterilmiştir.

Ocağın en düşük kotu, 1004 m kotu olarak tespit edilmiştir. Bu kotlar 1 ve 7 no'lu panolardadır (Ek-11). Dolayısıyla iki bölgede su ihracı yapılmıştır. Su ihracı için gerekli tulumbaların gücü aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [1].

$$N_P = \frac{Q_P \times \sum H_m \times \gamma_S}{102 \times \eta_P} \dots\dots\dots (8.1)$$

$$Q_P = \frac{24}{20} \times Q_t \dots\dots\dots (8.2)$$

$$\sum H_m = \Delta h + \lambda \times \frac{V_P^2}{2 \times g \times R_b} \times X \dots\dots\dots (8.3)$$

$$\Delta h = h_y - h_t \dots\dots\dots (8.4)$$

$$V_P = 1.27 \times \frac{Q_P}{R_b^2} \dots\dots\dots (8.5)$$

$$X = \frac{h_y - h_t}{\sin \alpha} + h_e \dots\dots\dots (8.6)$$

Burada;

N_P : Pompanın motor gücü (kW)

Q_P : Pompanın çalışma kapasitesi (m³/s)

$\sum H_m$: Toplam manometrik yükseklik (m)

γ_S : Suyun yoğunluğu (kg/m³). Hesaplamalarda, γ_S : 1000 kg/m³ alınmıştır.

η_P : Motorun genel randımanı. Hesaplamalarda, η_P : 0.75 alınmıştır.

Q_t : Toplam su geliri (m³/s)

Δh : Su seviyeleri arasındaki kot farkı (m)

λ : Boru sürtünme katsayısı. Hesaplamalarda, λ : 0.03 alınmıştır.

V_P : Ortalama su hızı (m/s)

g : Yerçekimi ivmesi (m/s²). Hesaplamalarda, g : 9.81 m/s² alınmıştır.

R_b : Boru çapı (m)

h_y : Yüksek kot mesafesi (m)

ht : Düşük kot mesafesi (m)

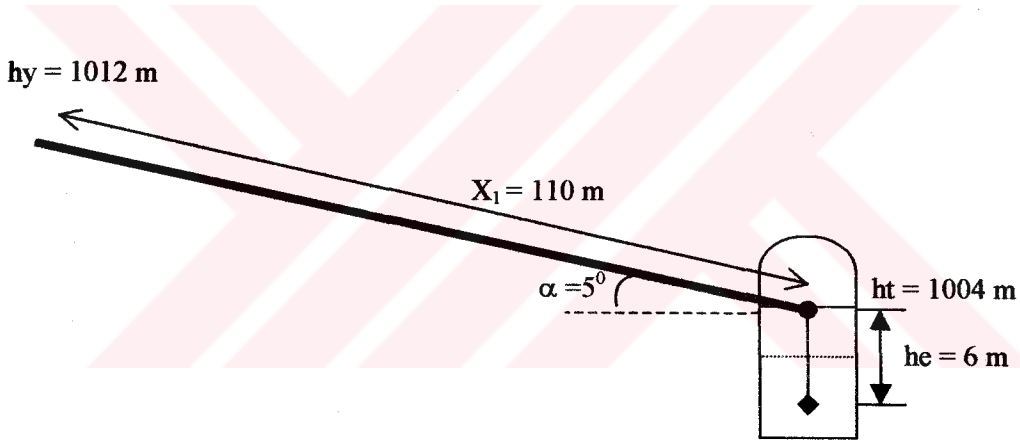
he : Pompa ile su seviyesi arasındaki uzaklık (m)

α : Yol eğimi ($^{\circ}$)

İlk olarak, 1 no panosunda su ihracı yapılmış; 1004 m kotundaki su 1012 m kotuna, buradan da 1103 m kotundaki nefeslikle dışarı atılmıştır. Son olarak, 7 no panosundaki su ihracı yapılmış; 1004 m kotundaki su 1030 m kotuna, buradan da 1096 m kotundaki nefeslikle dışarı atılmıştır (Ek-11).

8.1. 1004 m-1012 m Kotları Arasında Su İhracı İçin Gerekli Tulumba Gücünün Tespiti (1 No Panosunda)

Ocağın su geliri (Q_i), 3 lt/sn (G.L.İ verilerine göre) tespit edilmiştir. Terfi hattı uzunluğu (X_1) 110 m ve eğimi (α) 5° olan, 1004 m-1012 m kotları arasındaki su ihrac sistemi aşağıda gösterilmiştir (Şekil 8.1.1).



Şekil 8.1.1 1004 m-1012 m kotları arasındaki su ihrac sisteminin gösterimi

Pompa çalışma kapasitesi (Q_p),

$$Q_p = \frac{24}{20} \times Q_i \dots\dots\dots(8.1.1)$$

$$Q_p = \frac{24}{20} \times \frac{3 \text{ lt / sn} \times 3600 \text{ s / h}}{1000 \text{ lt / m}^3}$$

$$Q_p = 13 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_p = 0.0036 \text{ m}^3/\text{s}$$

Boru çapı ve hızın tespiti (R_b ve V_p) için R_b : 0.025 m seçilirse;

$$V_p = 1.27 \times \frac{Q_p}{R_b^2} \dots\dots\dots(8.1.2)$$

$$V_p = 1.27 \times \frac{0.0036}{(0.025)^2}$$

$$V_p = 7.3 \text{ m/s}$$

Bulunan su hızı (7.3 m/sn), terfi sistemleri için genellikle kabul edilen 2 m/sn değerinden büyük olmamalıdır. Bunun için boru çapı büyütülmelidir. [1]

R_b : 0.05 m seçilirse;

$$V_p = 1.27 \times \frac{Q_p}{R_b^2} \dots\dots\dots(8.1.3)$$

$$V_p = 1.27 \times \frac{0.0036}{(0.05)^2}$$

$$V_p = 1.8 \text{ m/s}$$

Kot farkı (Δh),

$$\Delta h = h_y - h_t \dots\dots\dots(8.1.4)$$

$$\Delta h = 1012 - 1004$$

$$\Delta h = 8 \text{ m}$$

Şebeke uzunluğu (X),

$$X = \frac{h_y - h_t}{\sin \alpha} + h_e \dots\dots\dots(8.1.5)$$

$$X = \frac{1012 - 1004}{\sin 5} + 6$$

$$X = 98 \text{ m}$$

İlave boru uzunlukları ve lokal kayıplar (vana, dirsek, vb) dikkate alınarak, nihai şebeke uzunluğu (X), 120 m kabul edilmiştir.

Toplam manometrik yükseklik (ΣH_m),

$$\sum H_m = \Delta h + \lambda \times \frac{V_P^2}{2 \times g \times R_b} \times X \dots\dots\dots(8.1.6)$$

$$\sum H_m = 8 + 0.03 \times \frac{(1.8)^2}{2 \times 9.81 \times 0.05} \times 120$$

$$\sum H_m = 20 \text{ m}$$

Pompanın motor gücü (N_p),

$$N_p = \frac{Q_P \times \sum H_m \times \gamma_s}{102 \times \eta_P} \dots\dots\dots(8.1.7)$$

$$N_p = \frac{0.0036 \times 20 \times 1000}{102 \times 0.75}$$

$$N_p = 0.94 \text{ kW}$$

Bu sonuca göre, 1004 m-1012 m kotları arasındaki su ihraç sisteminde kullanılacak tulumbanın gücü 1kW bulunmuştur.

Ocakta kullanılacak su ihraç sistemlerinin özellikleri ve kurulacak tulumbanların güçleri Çizelge 8.1.1'de verilmiştir.

Çizelge 8.1.1 Ocakta için seçilen pompaların özellikleri

1004 m-1012 m kotlarındaki su ihracı (1 no panoda)												
Q_t (m^3/s)	Q_P (m^3/s)	D (m)	R_b (m/s)	λ	he (m)	X_1 (m)	α ($^\circ$)	Δh (m)	X (m)	Nihai X (m)	$\sum H_m$ (m)	N_P (kW)
0.003	0.0036	0.05	1.8	0.03	6	110	5	8	98	120	20	1
1012 m-1103 m kotlarındaki su ihracı (1 no panoda)												
Q_t (m^3/s)	Q_P (m^3/s)	D (m)	R_b (m/s)	λ	he (m)	X_1 (m)	α ($^\circ$)	Δh (m)	X (m)	Nihai X (m)	$\sum H_m$ (m)	N_P (kW)
0.003	0.0036	0.05	1.8	0.03	6	500	11	91	483	520	143	7
1004 m-1030 m kotlarındaki su ihracı (7 no panoda)												
Q_t (m^3/s)	Q_P (m^3/s)	D (m)	R_b (m/s)	λ	he (m)	X_1 (m)	α ($^\circ$)	Δh (m)	X (m)	Nihai X (m)	$\sum H_m$ (m)	N_P (kW)
0.003	0.0036	0.05	1.8	0.03	6	190	8	26	193	225	49	3
1030 m-1096 m kotlarındaki su ihracı (7 no panoda)												
Q_t (m^3/s)	Q_P (m^3/s)	D (m)	R_b (m/s)	λ	he (m)	X_1 (m)	α ($^\circ$)	Δh (m)	X (m)	Nihai X (m)	$\sum H_m$ (m)	N_P (kW)
0.003	0.0036	0.05	1.8	0.03	6	250	15	66	261	300	96	5

Sonuçta; ocakta oluşan suyu ihraç etmek için 1 kW, 3 kW, 5 kW ve 7 kW gücünde dört adet pompa kullanılması planlanmıştır (Çizelge 8.1.1).

8.2. Su Toplama Havuzları

Ocakta kullanılacak su havuzlarının kesit alanları (F_S) ve uzunlukları (U_S) aşağıdaki formüllerle hesaplanmıştır [6].

$$F_S = 0.14 \text{ h/m}^2 \times (Q_p - Q_t) \dots\dots\dots(8.2.1)$$

$$U_S = 28 \text{ m} \times \frac{Q_t}{Q_p - Q_t} \dots\dots\dots(8.2.2)$$

Burada;

F_S : Su havuzunun kesit alanı (m^2)

U_S : Su havuzunun uzunluğu (m)

Q_p : Pompanın çalışma kapasitesi (m^3/h)

Q_t : Toplam su geliri (m^3/h)

$$F_S = 0.14 \text{ h/m}^2 \times (Q_p - Q_t) \dots\dots\dots(8.2.3)$$

$$F_S = 0.14 \text{ h/m}^2 (13 - 10.8)$$

$$F_S = 0.3 \text{ m}^2$$

$$U_S = 28 \text{ m} \times \frac{Q_t}{Q_p - Q_t} \dots\dots\dots(8.2.4)$$

$$U_S = 28 \text{ m} \times \frac{10.8}{13 - 10.8}$$

$$U_S = 137 \text{ m}$$

Bu sonuçlara göre, oluşturulacak havuzların hacmi 41 m^3 bulunmuştur. Küçük kesit alanlarında ve büyük uzunluklarda, galeri kesitlerinin açılma zorluğu ve ocak sularının bırakacağı tortuların temizleme güçlüğü göz önünde tutularak, pratik uygulamalarda havuz kesitinin $3-4 \text{ m}^2$ ve derinliğinin $10-20 \text{ m}$ alınması uygundur [1]. Sonuç olarak; açılacak havuzların kesit alanı 4 m^2 ve derinliğinin 10 m olması planlanmıştır.

9. SONUÇLAR

Bu çalışma, Tunçbilek kömür sahasındaki bir bölgede yapılmıştır. Bu sahanın büyük bir kısmında kömür, açık işletme madenciliği yöntemleri kullanılarak alınmaktadır. Ancak, sahanın içinde bir mezarlığın bulunması nedeniyle, açık işletme çalışmaları olumsuz yönde etkilenmektedir. Bunun için, yeraltı işletme yöntemi uygulanması düşünülmüştür. Umuma ait olan bir mezarlığın üzerinde madencilik çalışmalarının yapılması, madencilik kanununca yasaklanmıştır [8]. Bu nedenle, mezarlık sınırları altında kalan kömürü çıkarmak için yeraltı üretim yöntemi uygulanmıştır.

Çalışmaya ilk olarak; sahada topografyası (Ek-1) üzerine sondajların ve mevcut mezarlığın yerleştirilmesiyle başlanmıştır (Ek-2). Sahada toplam 91 adet sondaj yapılmıştır. Bunlardan 18 tanesi kömür kesmemiştir. Kömür kesen sondajlardan yararlanılarak işletme rezerv sınırları belirlenmiştir. Bu sınır içinde, mezarlığı da içine alan yeraltı işletme sınırı oluşturulmuştur (Ek-3).

Yeraltı işletme sınırı içinde kalan alanda (Ek-4), kömür izohips eğrileri oluşturulmuştur. Bu eğriler ile sahadaki mevcut faylar belirlenmiştir (Ek-5). Fayların sınırlarını belirlediği, 14 adet üretim panosu oluşturulmuştur (Ek-6). Sahadaki kömür rezervinin hesaplanmasında, poligon yöntemi kullanılmıştır. Bunun için, saha poligonlara ayrılmış (Ek-7) ve toplam kömür rezervinin 606 646 ton olduğu belirlenmiştir.

Üretim yöntemi olarak göçertmeli uzun ayak yöntemi seçilmiştir. Optimum ayak genişlikleri belirlenerek, tüm üretim panolarının ayakları oluşturulmuştur (Ek-8). Üretim ve hazırlık bir arada yapılacak şekilde bir üretim planı yapılmıştır. Üretim 1 numaralı panodan başlayarak, sırasıyla, 2-6-5-4-3-7-8-12-13-11-9-10-14 numaralı panolar şeklinde devam ettirilmesi planlanmıştır. Buna göre üretim planı ve iş organizasyonu yapılmıştır. Ocakta; 15 kişi hazırlık, 30 kişi üretim, 2 kişi delme-patlatma, 2 kişi mekanik işler ve 1 kişi elektrik işlerinde olmak üzere, toplam 50 işçi çalıştırılması planlanmıştır.

Ocakta tahkimat malzemesi olarak çelik kullanılmıştır. B-5 tipinde oluşturulmuş galerilerde, ST-37 çeliğinden yapılmış, rijit çelik bağ kullanılması planlanmıştır. Ayrıca, bağlar (tahkimatlar) arası mesafenin 1 m olduğu galeri tahkimatında seçilen I profilin, GI-100 modelinde olduğu belirtilmiştir. Ayaklarda ise hidrolik çelik tahkimat kullanılması planlanmıştır. Ayaktaki tahkimat üniteleri arası mesafenin 1 m, bir tahkimat ünitesi için gerekli direk sayısının 3, bir tahkimat ünitesinin emniyetli taşıma gücünün 39.6 ton olduğu ve direk tabanları için taban altlığının gerekli olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca, ocak panoları arasında ve ana nakliyat galerileri arasında bırakılacak topuk genişliğinin 2 m olduğu hesaplanmıştır.

Ocak girişi 1004 m kotundan açılmış bir desandri ile sağlanmıştır. İşçi, malzeme ve kömür nakli bu desandriden sağlanacaktır. Ayaklardan alınacak kömür, zincirli konveyörlerle bantlara, bantlardan da ocak dışarısına çıkarılması planlanmıştır. Bunun için, ocakta kullanılacak bantların konumları belirlenerek (Ek-9), her bandın motor gücü tayinleri yapılmıştır. Buna göre, her üretim panosundaki kömür nakletmek için maksimum 8 adet bant seçilmiştir. Ayrıca, ayaktaki kömürü nakletmek için 38 kW motor gücüne sahip bir zincirli konveyörün kullanılması planlanmıştır.

Ocağın havalandırılması için 1 adet üfleyici vantilatör kullanılması planlanmıştır. Bunun için; pano dirençleri ve ocak için gerekli hava miktarı belirlenerek, 9 kW'lık bir üfleyici vantilatör seçilmiştir. Üfleyici vantilatör vasıtasıyla ocağa giren hava, pano ve ayakları dolaştıktan sonra 1096 m ve 1103 m kotlarında açılan nefesliklerle dışarıya atılması düşünülmüştür (Ek-10). Ayrıca, panolara gönderilen havanın yeterlilik analizleri yapılmış ve hesaplanan hava miktarının yeterli olduğu belirlenmiştir.

Son olarak da, ocağın su ihracı projelendirilmiştir (Ek-11). Düşük kotta toplanacak suyun atılması için planlamalar yapılmıştır. Bunun için ilk olarak, 1 no panosunda su ihracı yapılmıştır. Yani, 1004 m kotundaki su 1012 m kotuna, buradan da 1103 m kotundaki nefeslikle dışarı atılmıştır. Son olarak, 7 no panosundaki su ihracı yapılmıştır. Yani, 1004 m kotundaki su 1030 m kotuna, buradan da 1096 m kotundaki nefeslikle dışarı atılmıştır. Sonuçta; ocakta oluşan suyu ihraç etmek için 1 kW, 3 kW, 5 kW ve 7 kW gücünde dört adet pompa kullanılması planlanmıştır. Ayrıca, yapılması gereken su toplama havuzlarının kesit alanın $4m^2$ ve derinliğinin 10 m olması gerektiği planlanmıştır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- [1]Arioğlu, E., 1984, Jeoloji mühendisleri için madencilik bilgisi, İ.T.Ü. Maden Fakültesi Ofset Baskı Atölyesi, 212 s.
- [2]Birön, C. ve Arioğlu, E., 1999, Madenlerde tahkimat işlemleri ve tasarımı, Birsen Yayınevi, 360 s.
- [3]Güyağüler, T., 1991, Ocak havalandırması, T.M.M.O.B. Maden Mühendisleri Odası Yayınları, 148 s.
- [4]Karaay, A., 2002, Ömerler-Domaniç bölgesi derin sahalar projesi, Lisans tezi D.P.Ü. Mühendislik Fakültesi, 140 s. (yayımlanmamış)
- [5]Önce, G., 1997, Madenlerde havalandırma, Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Yayınları, 266 s.
- [6]Önce, G., 1997, Madenlerde ulaşım ve su atımı, Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Yayınları, 142 s.
- [7]Saltoğlu, S., 1979, Madenlerde yeraltı üretim yöntemleri, İ.T.Ü. Matbaası, 178 s.
- [8]Topaloğlu, M., 1999, Maden iş hukuku, Karahan Hukuk Yayınları, 330 s.
- [9]www.dpt.gov.tr
- [10]www.mta.gov.tr
- [11]www.ymgv.org.tr
- [12]www.ymgv.org.tr/haber

**İ.C. YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**