

**ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TTK KARADON MÜESSESESİ HAVALANDIRMA ŞEBEKESİNİN İNCELENMESİ**  
**VE YENİ BİR HAVALANDIRMA TASARIMI ÖNERİSİ**

**MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HACİ MEHMET BARDIZ**

**TEMMUZ 2023**

**ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TTK KARADON MÜESSESESİ HAVALANDIRMA ŞEBEKESİNİN İNCELENMESİ**  
**VE YENİ BİR HAVALANDIRMA TASARIMI ÖNERİSİ**

**MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Haci Mehmet BARDIZ**

**DANIŞMAN: Dr. Öğr. Üyesi Alaaddin ÇAKIR**

**ZONGULDAK**

**Temmuz 2023**

**KABUL:**

Haci Mehmet BARDIZ tarafından hazırlanan “TTK Karadon Müessesesi Havalandırma Şebekesinin İncelenmesi ve Yeni Bir Havalandırma Tasarımı Önerisi” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle/oyçokluğuyla kabul edilmiştir. 27.07.2023

**Danışman:** Dr. Öğr. Üyesi Alaaddin ÇAKIR .....  
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden  
Mühendisliği Bölümü

**Üye:** Dr. Öğr. Üyesi Erdoğan KAYMAKÇI .....  
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden  
Mühendisliği Bölümü

**Üye:** Dr. Öğr. Üyesi İlnur EROL .....  
Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü

---

**ONAY:**

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım. ..../07/2023

Prof. Dr. Fikret GÖLGELEYEN  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Haci Mehmet BARDIZ

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### TTK KARADON MÜESSESESİ HAVALANDIRMA ŞEBEKESİNİN İNCELENMESİ VE YENİ BİR HAVALANDIRMA TASARIMI ÖNERİSİ

Haci Mehmet BARDIZ

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Alaaddin ÇAKIR

Temmuz 2023, 71 sayfa

Bu çalışmada, Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) Karadon Taşkömürü İşletme Müessesesi (KRTİM) ocaklarının mevcut havalandırma şebekesi incelenmiş ve yeni bir havalandırma tasarımı önerisi üzerinde durulmuştur. KRTİM, Kilimli ve Gelik İşletmeleri olmak üzere 2 işletmede ve -160, -260, -360, -460 ve -540 olmak üzere 5 ayrı katta hazırlık ve üretim çalışmalarını sürdürmektedir. Toplam yeraltı açıklığı uzunluğu yaklaşık olarak 115 km'dir. KRTİM havalandırma şebekesine 6 ayrı noktadan temiz hava girmekte ve ocakları dolaşarak kirlenen hava 3 ana fan ile dışarı atılmaktadır. Mevcut durumda 12 adet ayakta kömür üretimi, 8 adet arında da hazırlık çalışmaları devam etmektedir.

KRTİM havalandırma şebekesinin Ventsim 3B Maden Havalandırma Simülasyonu Yazılımı (Ventsim) yardımıyla modellenmesi çalışmaları kapsamında MicroStation yazılımında hazırlanmış imalat planı Ventsim'e aktarılmıştır. Kullanılan yazılımlardan kaynaklanan nedenlerle Ventsim'e aktarılan planda meydana gelen hatalar giderilmiştir.

## ÖZET (devam ediyor)

KRTİM ocaklarındaki galerilerin, desandrelerin, bürlerin ve ayakların kesitleri, hava kapıları, kesit daralmaları ve bantlar gibi havalandırma şebekesinde ilave dirence neden olan ocak kesimleri, hava ölçüm istasyonları ve bu istasyonlardan geçen hava miktarları gibi havalandırma şebekesini etkileyen tüm etkenler Ventsim'e işlenmiştir.

Bu hazırlıkların ardından havalandırma modeli çalıştırılmış ve mevcut duruma ait verilerle modele ait veriler karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda Ventsim'de hazırlanan havalandırma şebekesinin kabul edilebilir sınırlar içinde mevcut durumu doğru olarak modellediği görülmüştür.

Bir sonraki aşamada tasarım çalışmalarına başlanmıştır. Halen çalışmakta olan üç ana fandan biri olan +52 Fanı Ventsim'de hazırlanan modelde devre dışı bırakılmıştır. Gerekli olan hava akımının sağlanabilmesi için bazı hava kapıları kaldırılmış, bazı hava kapıları ilave edilmiş, bazı hava yolları ise kapatılmıştır. TTK'nun planlamaları doğrultusunda Gelik Fanının kapasitesi artırılmıştır. Yapılan bu düzenlemelerin sonucunda ocaklardaki işyerleri için gerekli olan hava miktarlarının tam olarak sağlandığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Türkiye Taşkömürü Kurumu, Karadon, havalandırma, bilgisayar, Ventsim, Ventlog, 3B,

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **INVESTIGATION OF TTK KARADON ENTERPRISE VENTILATION NETWORK AND A NEW VENTILATION DESIGN PROPOSAL**

**Haci Mehmet BARDIZ**

**Zonguldak Bülent Ecevit University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Mining Engineering**

**Thesis Advisor: Assist. Prof. Dr. Alaaddin ÇAKIR  
July 2023, 71 pages**

In this study, the existing ventilation network of the Turkish Hard Coal Enterprise (THCE) Karadon Hard Coal Establishment (KHCE) mines was examined and a new ventilation design proposal was emphasized. KHCE continues its preparation and production activities in 2 mine enterprises, namely Kilimli and Gelik Section, and on 5 different levels, -160, -260, -360, -460 and -540. The total length of underground openings is approximately 115 km. Fresh air enters the KRTİM ventilation network from 6 different points and the air that is polluted by circulating is thrown out with 3 main fans. Currently, the production of 12 coal faces and the preparatory work for 8 workplaces are continuing.

Within the modeling studies of KRTİM ventilation network with the help of Ventsim 3D Mine Ventilation Simulation Software (Ventsim), the mine plan prepared in MicroStation software was transferred to Ventsim. Errors in the plan transferred to Ventsim due to the software used have been fixed.

## **ABSTRACT (continued)**

All factors affecting the ventilation network such as sections of galleries, inclined galleries, blind shafts and coal faces, air doors, mine parts that cause additional resistance in the ventilation network such as section reduction and bands, air measurement stations and the amount of air passing through these stations in KRTİM mines were embedded in Ventsim.

After these preparations, the ventilation model was run and the data of the current situation and the data of the model were compared. As a result of this comparison, it has been seen that the ventilation network prepared in Ventsim correctly models the current situation within acceptable limits.

In the next stage, the design work has started. +52 Fan, one of the three main fans still in operation, is disabled in the model prepared in Ventsim. Some air doors have been removed, some air doors have been added, and some airways have been closed to ensure the necessary airflow. The capacity of the Gelik fan was increased in accordance with the plans of the TTK. As a result of these arrangements, it has been seen that the air quantities required for the workplaces in the mine openings are fully provided.

**Keywords:** Turkish Hard Coal Enterprise, Karadon, ventilation, computer, Ventsim, Ventlog, 3D

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde danışmanlığımı üstlenen ve çalışma süresince mesai mefhumu gözetmeksizin her aşamada bana destek olan Kıymetli Hocam Dr. Öğr. Üyesi Alaaddin ÇAKIR'a, jüri üyeleri Dr. Öğr. Üyesi Erdoğan KAYMAKÇI ve Dr. Öğr. Üyesi İlknur EROL'a, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN'a, Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü Prof. Dr. Fikret GÖLGELEYEN'e ve enstitü çalışanlarına, her zaman ve her türlü yardım ve katkıları için KRTİM'de görev yapmakta olan; Müessese Müdürü Maden Mühendisi Recep AYYILDIZ'a, Havalandırma ve Tozla Mücadele biriminde Başmühendislik görevini yürüten Maden Mühendisi Menderes ÖNCEL'e, Maden Mühendisi Koray UYANIK'a, Maden Mühendisi Eray AYDIN'a ve Plan Bürosu Şefi Harita Teknikeri Şendoğan ÖZAT'a, ayrıca çalışma süresi boyunca sabır ve destekleri için Kıymetli Eşim Ebru BARDIZ, Çocuklarım Ahmet Mert BARDIZ ve Mithat Erdem BARDIZ'a teşekkür ediyorum.

Bu çalışmanın gerek akademik anlamda gerekse iş yaşamında bu mesleğe gönül vermiş kişi ve kuruluşlara faydalı olması dileklerimle.



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL .....	ii
ÖZET .....	iii
ABSTRACT .....	v
TEŞEKKÜR .....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
BÖLÜM 1 GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2 HAVALANDIRMA KONUSUNDA GENEL BİLGİLER.....	3
2.1 HAVANIN OCAKLARDA DOLAŞTIRILMASI.....	7
2.2 OCAK HAVALANDIRMA DEVRELERİ.....	8
2.3 HAVALANDIRMA ŞEBEKELERİNİN ANALİZİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER.....	8
2.3.1 Eşdeğer Direnç Yöntemi.....	10
2.3.2 Analog Yöntemi.....	11
2.3.3 Tekrarlama Yöntemleri.....	11
2.4 BİLGİSAYARLARIN HAVALANDIRMA ŞEBEKELERİNİN ANALİZİNDE KULLANILMASI.....	13
2.5 TÜRKİYE TAŞKÖMÜRÜ KURUMU'NDA HAVALANDIRMA ÇALIŞMALARI.....	19
BÖLÜM 3 KRTİM HAVALANDIRMA ŞEBEKESİNİN İNCELENMESİ.....	21
3.1 KRTİM TANITIMI.....	21
3.1.1 KRTİM Hakkında Genel Bilgiler .....	21

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
3.1.2 Jeolojik Yapı ve Rezerv Durumu.....	23
3.2 HAVALANDIRMA VE TOZLA MÜCADELE BİRİMİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER .....	24
3.3 HAVALANDIRMA ŞEBEKESİNİN MEVCUT DURUMU.....	25
3.4 KATLARA GÖRE HAVA DAĞILIMI .....	26
3.4.1 KYSK'dan Giren Hava .....	26
3.4.2 1 No.lu Kuyudan Giren Hava .....	27
3.4.3 Gelik Kuyudan Giren Hava .....	27
3.4.4 +50 Baca Ağzından Giren Hava .....	28
3.4.5 +140 Baca Ağzından Giren Hava .....	28
3.5 HAVA ÖLÇÜM İSTASYONLARI .....	28
3.6 OCAK AÇIKLIKLARININ KESİTLERİ.....	29
3.7 FANLAR, TALİ PERVANELER VE FANTÜP ÇEŞİTLERİ .....	33
3.8 HAVA KAPILARI.....	38
BÖLÜM 4 KRTİM HAVALANDIRMA ŞEBEKESİNİN VENTSİM'DE MODELLENMESİ .....	39
4.1 VENTSİM PROGRAMINDA YAPILAN ÖN ÇALIŞMALAR .....	39
4.1.1 CAD Ortamında Altlık Hazırlanması .....	39
4.1.2 Altlığın Ventsim'e Aktarımı .....	40
4.1.3 Hava Giriş ve Çıkış Noktalarının Tanımlanması.....	42
4.1.4 Hata İletilerinin Giderilmesi .....	42
4.1.5 Ocak Açıklıklarının Kesitlerinin Tanımlanması.....	43
4.1.6 Fan ve Tali Pervanelerin Karakteristik Eğrilerinin Tanımlanması .....	45
4.1.7 İlave Direnç Kaynaklarının Havalandırma Şebekesine İşlenmesi.....	45
4.1.8 Hava İstasyon Verilerinin Ventlog Modülü Yardımıyla İşlenmesi .....	46
4.1.9 İstasyon Noktalarının Tanımlanması ve Öznitelik Verilerinin İşlenmesi.....	46
4.1.10 İstasyon Konumlarının Ventsim'le İlişkilendirilmesi.....	47
4.1.11 İstasyonlarda Alınan Ölçü Verilerinin İşlenmesi.....	48
4.2 VENTSİM'DE SİMÜLASYON VE KARŞILAŞTIRMA ÇALIŞMALARI .....	49
4.2.1 Hava Girişleri.....	49

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
4.2.2 Havanın Katlara Göre Dağılımı .....	49
4.2.2.1 KYSK'dan Giren Hava .....	50
4.2.2.2 1 No.lu Kuyudan Giren Hava.....	50
4.2.2.3 Gelik Kuyudan Giren Hava.....	50
4.2.2.4 +50 Baca Ağzından Giren Hava .....	51
4.2.2.5 +140 Baca Ağzından Giren Hava .....	51
4.2.3 Pano Üretim Alanlarındaki Hava.....	52
BÖLÜM 5 KRTİM HAVALANDIRMA ŞEBEKESİ İÇİN BİR TASARIM ÖNERİSİ .....	53
5.1 HAVA GİRİŞLERİ .....	55
5.2 HAVANIN KATLARA GÖRE DAĞILIMI.....	55
5.2.1 KYSK'dan Giren Hava .....	55
5.2.2 1 No.lu Kuyudan Giren Hava .....	56
5.2.3 Gelik Kuyudan Giren Hava .....	56
5.2.4 +50 Baca Ağzından Giren Hava .....	56
5.2.5 +140 Baca Ağzından Giren Hava .....	57
5.3 PANO ÜRETİM ALANLARINDAKİ HAVA .....	57
BÖLÜM 6 SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	59
6.1 MEVCUT DURUMUN DEĞERLENDİRİLMESİ .....	59
6.2 VENTSİM'DE YAPILAN MODELLEME .....	60
6.3 TASARIM ÇALIŞMALARI.....	63
KAYNAKLAR.....	67
ÖZGEÇMİŞ .....	71



## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1 Yer bulduru haritası ve vaziyet planı .....	22
Şekil 3.2 B5 tip kesit profili .....	29
Şekil 3.3 B8 tip kesit profili .....	30
Şekil 3.4 B10 tip kesit profili .....	30
Şekil 3.5 B12 tip kesit profili .....	31
Şekil 3.6 B14 tip kesit profili .....	31
Şekil 3.7 B18 tip kesit profili .....	32
Şekil 3.8 Baca kesiti .....	32
Şekil 3.9 Ayak kesiti .....	33
Şekil 3.10 Kilimli Havalandırma Kuyusu fanına ait karakteristik eğri grafiği .....	34
Şekil 3.11 Karadon 52 Kuyusu fanına ait karakteristik eğri grafiği .....	35
Şekil 3.12 Gelik +140 fanına ait karakteristik eğri grafiği .....	36
Şekil 4.1 CAD ortamında bulunan mevcut veri .....	40
Şekil 4.2 CAD ortamında süzgeçlenerek hazırlanan veri .....	40
Şekil 4.3 Eksen çizgilerinin Ventsim'e aktarımı.....	41
Şekil 4.4 Aktarımdan elde edilen sonuç.....	41
Şekil 4.5 Yüzey bağlantı noktalarının tanımlanması .....	42
Şekil 4.6 İşlenebilir hale getirilen veri .....	43
Şekil 4.7 Galeri profillerinin tanımlanması.....	44
Şekil 4.8 Galeri profilinin boyutlandırılması .....	44
Şekil 4.9 Fan karakteristik eğrilerinin tanımlanması .....	45
Şekil 4.10 İstasyon öznitelik verilerinin tanımlanması .....	47
Şekil 4.11 Hava istasyonlarının veritabanı ile ilişkilendirilmesi.....	48
Şekil 4.12 İstasyonlarda ölçülen değerlerin işlenmesi .....	48



## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1 Ocağa giren hava miktarları .....	25
Çizelge 3.2 Ocaktan çıkan hava miktarları ve kullanılan emici fanlar .....	26
Çizelge 3.3 KYSK'dan giren hava miktarları .....	26
Çizelge 3.4 1 No.lu Kuyu'dan giren hava miktarı .....	27
Çizelge 3.5 Gelik Kuyu'dan giren hava miktarları .....	27
Çizelge 3.6 +50 baca ağzından giren hava miktarı .....	28
Çizelge 3.7 +140 baca ağzından giren hava miktarı .....	28
Çizelge 3.8 Elektrikli pervane bilgileri .....	37
Çizelge 3.9 Stimli pervane bilgileri .....	37
Çizelge 4.1 Giriş havalarının karşılaştırılması .....	49
Çizelge 4.2 KYSK'dan giren hava miktarları .....	50
Çizelge 4.3 1 No.lu Kuyu'dan giren hava miktarı .....	50
Çizelge 4.4 Gelik Kuyu'dan giren hava miktarları .....	51
Çizelge 4.5 +50 baca ağzından giren hava miktarı .....	51
Çizelge 4.6 +140 baca ağzından giren hava miktarı .....	51
Çizelge 4.7 Pano üretim alanlarındaki hava miktarları .....	52
Çizelge 5.1 Giriş havalarının karşılaştırılması .....	55
Çizelge 5.2 KYSK'dan giren hava miktarları .....	55
Çizelge 5.3 1 No.lu Kuyu'dan giren hava miktarı .....	56
Çizelge 5.4 Gelik Kuyu'dan giren hava miktarları .....	56
Çizelge 5.5 +50 baca ağzından giren hava miktarı .....	57
Çizelge 5.6 +140 baca ağzından giren hava miktarı .....	57
Çizelge 5.7 Pano üretim alanlarındaki hava miktarları .....	57



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### KISALTMALAR

<b>CAD</b>	: Bilgisayar destekli tasarım ve çizim teknolojisi
<b>CH<sub>4</sub></b>	: Metan gazı
<b>CO</b>	: Karbon monoksit gazı
<b>ÇSGB</b>	: Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
<b>EKİ</b>	: Ereğli Kömürleri İşletmesi Müessesesi
<b>H<sub>2</sub>S</b>	: Hidrojen sülfür gazı
<b>KRTİM</b>	: Karadon Taşkömürü İşletme Müessesesi
<b>KYSK</b>	: Karadon Yeni Servis Kuyusu
<b>PAÜ</b>	: Pano ayak üretim
<b>ppm</b>	: Milyonda bir
<b>TTK</b>	: Türkiye Taşkömürü Kurumu
<b>ZBEÜ</b>	: Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi



## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Ocakta çalışan personel ile çeşitli donanım ve makinelerin hava ihtiyacının karşılanması, ocak havasına karışan tozların ve gazların konsantrasyonlarının yasal mevzuatta belirtilen sınırlar altında tutularak ortamdaki uzaklaştırılması, sıcaklık ve nem gibi çalışanları olumsuz yönde etkileyebilecek etmenleri kontrol altına alarak en uygun ocak ikliminin yaratılması gibi konuların karşılanmasında yeraltı maden ocaklarının havalandırılması işi özel önem taşımaktadır. Çeşitli doğal kaynakların ekonomiye kazandırılmaya çalışıldığı bu süreçte çalışanlara güvenli ve rahat bir çalışma ortamı sağlanması gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda yeraltında açılan boşlukların istenen değerler sağlanacak şekilde havalandırılması işi, düzenli havalandırma ölçümlerini yapılarak ocak havasının sürekli olarak kontrol altında tutulmasıyla mümkün olabilmektedir.

Ocak havasının kontrol altında tutulabilmesi için yeraltındaki kritik noktalarda hazırlanan hava ölçüm istasyonlarında hava hızının ve miktarının ölçülmesinin yanı sıra oksijen, metan, karbonmonoksit ve karbondioksit gibi iş sağlığı ve güvenliği açısından ciddi sorunlara neden olabilecek gazların da takibi yapılmakta, ayrıca ocak havasındaki toz miktarları da düzenli olarak ölçülmektedir. Hava ölçüm istasyonlarında elde edilerek kayıt altına alınan bu değerler ocak havalandırma planlarına işlenmekte ve ocağın havalandırılması bir anlamda masa başında da gözlem altında tutulmaktadır. Günümüzde, gelişen teknolojiyle birlikte havalandırma planları bilgisayar ortamına aktarılmakta ve ocak havalandırması, bir anlamda, üç boyutlu bilgisayar ortamında izlenmektedir. “Havalandırma Şebeke Analizi” olarak adlandırılacak bu çalışma sürecinde kağıt üstünde uzun zaman alan ve karmaşıklığı nedeniyle insan hatası olasılığını artıran havalandırma çözümlerinin bilgisayar ortamında dakikalara indirilmesi böylece mümkün olmaktadır.

Bilindiği gibi; yeraltında kazı yapılan her bir arında yapılan ilerlemeler, önceden bilinmesi olanağı olmayan yeni sorunların ortaya çıkması riskini de beraberinde getirmektedir.

Özellikle kömür madenciliğinde karşılaşılan patlayıcı gaz ve toz varlığı gibi tehlikeler ve bu gibi tehlikelere bağlı risklerin gerçekleşmesi, yeri doldurulamayacak ölçüde can ve ciddi mal kayıplarıyla sonuçlanmaktadır. Grizu ve kömür tozu patlaması gibi yıkıcı etkisi tahmin edilemez boyutlara sahip iş kazalarını önlemenin birinci yolu ocaklarda “iyi bir havalandırma” sağlanmasıdır. İyi bir havalandırma için yürütülecek olan havalandırma şebekesinin bilgisayar yardımıyla analizi çalışmalarındaki en önemli konu ise bilgisayara girilecek olan verilerin doğru, düzenli ve güncel olması zorunluluğudur. Havalandırma şebeke analizinde kullanılacak olan bu verilerin sağlanması ve bilgisayar ortamına aktarılması sonucunda ortaya çıkan havalandırma modelinin güvenilirliğinin yüksekliği, söz konusu doğru, düzenli ve güncel veri akışıyla mümkün olabilmektedir.



## BÖLÜM 2

### HAVALANDIRMA KONUSUNDA GENEL BİLGİLER

Yeraltı madencilik çalışmaları sürecinde çalışanlara emniyetli ve konforlu bir çalışma ortamı sağlanmasının yollarından biri yeraltı açıklıklarının düzenli ve kontrollü bir biçimde havalandırılmasıdır. Bu da ancak yeterli miktardaki temiz havayı yeraltına göndermekle sağlanmaktadır. Özellikle kömür madenlerinde gaz ve toz patlamalarının ve meslek hastalıklarının önlenmesi veya en aza indirilmesi, ocak havalandırmasının kurallara uygun olarak yapılması ve gerekli tedbirlerin önceden alınmasıyla mümkündür.

Madenlerde yapılan hazırlık ve üretim çalışmaları sırasında yeraltına gönderilen temiz hava; cevher, kömür damarı ve çevre kayaçları içerisinde bulunan zararlı gazlar ile birlikte cevher ve kömürün oksidasyonu sonucu ocak havasına karışan gazlar ve oluşan tozlar nedeniyle kirlenmektedir. Ayrıca yeraltı personelinin solunumu, patlayıcı maddelerin kullanılması ve kullanılan bazı makinalar ocak havasındaki oksijen miktarı azaltmaktadır. Bu olumsuzlukların giderilmesi ve gerekli temiz havanın sağlanması amacıyla, yeterli miktardaki havanın yeraltına gönderilmesi ve bu işlem yerine getirilirken düzenli havalandırma ölçümlerinin yapılarak ocak havasının sürekli olarak kontrol altında tutulması gerekmektedir.

Ocak havalandırmasının amaçları; ocakta çalışan personelin hava ihtiyacını karşılamak, cevher, kömür ve yantaş ile kullanılan patlayıcı maddelerden ocak havasına karışan gazları ve oluşan toz konsantrasyonlarını belirlenen sınırların altında tutmak, içten yanmalı motorlar için gerekli oksijeni temin etmek, mevzuatta belirtilen hava hızı limitleri sağlamak ve en uygun ocak iklimini sağlamak şeklinde özetlenebilir (Yalçın ve Gürgen 1999). Ocak havalandırmasının belirtilen amaçlarına ulaşılması için çeşitli havalandırma ölçümleri yapılması gerekmektedir. Bu ölçümler; hava sıcaklığının ve havadaki nemin ölçülmesi, basıncın ölçülmesi, hava hızlarının ve miktarının ölçülmesi ile alan ve profil ölçülmesi şeklinde sıralanabilir (Ayvazoğlu 1984).

Bu ölçümlerde; hava sıcaklığının ve havadaki nemin ölçülmesi için katatermometre, ve psikrometre, hava hızının belirlenmesi için anemometre ve velometre, basıncın ölçülmesi için mutlak basınç ölçerler, basınç farklarını ölçen aletler ve manometreler ile pitot tüpü gibi analog alet ve cihazların yanı sıra bu ölçümleri otomatik olarak yapan dijital ölçerler de kullanılmaktadır (Yalçın ve Gürgen 1999). Alan ve profil ölçümlerinde ise polar koordinat yöntemi, plançete yöntemi, geometrik yöntemler ve fotometrik yolla kesit gibi tekniklerden yararlanılmaktadır (Saltoğlu 1983).

Özellikle kömür ocaklarında karşılaşılan zararlı gazların mevzuatta belirtilen limitler altında tutulması ocak havalandırmasının en öncelikli konularının başında gelmektedir. 19.09.2013 tarih ve 28770 sayılı resmi gazetede yayımlanan Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği; havasında %19'dan az oksijen, %2'den çok metan, %0,5'ten çok karbondioksit, 50 ppm (%0,005) den çok karbonmonoksit ve diğer tehlikeli gazlar bulunan yerlerde gerekli güvenlik önlemleri alınarak mevcut olan tehlikeyi bertaraf etmek amacıyla önleyici faaliyetler ve kurtarma çalışmaları dışında çalışma yapılamayacağı, ayrıca, 8 saatlik çalışma için müsaade edilen en yüksek hidrojen sülfür oranının da 20 ppm (%0,002) olması gerektiğini hüküm altına almaktadır (ÇSGB 2013). Bu gazların yanı sıra; azot (N<sub>2</sub>), hidrojen (H<sub>2</sub>), kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), azot oksitleri (N<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>O<sub>2</sub> vb.) ve radyoaktif özellik taşıyan radon gazı da havalandırma çalışmaları esnasında gözlem altında bulundurulması gereken diğer gazlar olarak değerlendirilmektedir (Çakır 2023).

Madencilik çalışmaları esnasında metan gazı patlamalarının çok fazla can kaybına neden olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, ocak havalandırmasının en önemli konusunun metan gazı ile mücadele olduğu söylenebilir. "Bataklık Gazı" olarak da adlandırılan metan gazının oksijenle birleşmesi sonucu oluşan "Grizu" bu gazın en önemli bileşenidir. Damar yapısı, derinlik, orojenik olaylar ve ocağın eskiliği metan miktarını etkileyen önemli faktörlerdir (Saltoğlu 1983). Bir uzun ayak çevresinde; çalışılan damardan, ayak arkası göçüğünden ve çalışılan damarın alt ve üstündeki damarlardan ya da tabakalardan emisyon şeklinde yayılım gösterir. Metan gazının kontrol altında tutulması sürecinde; ayak arkasının oturması, üretim yöntemi, damarların üretim sırası, uzun ayağın genişliği ve uzunluğu, günlük ilerleme hızı, kazı yöntemi, tavan kontrolü, hava miktarı ve akış yönü, havalandırma basıncı ve barometrik basınç madencilik koşullarıyla ilgili başta gelen parametrelerdir (Yalçın ve Gürgen 1999). Ocak havasına karışan metan konsantrasyonu patlama alt limiti olan %5 ile üst limit olan %15 arasında olduğunda her an patlamaya hazırdır. Ocak havasından alınan hava numunesinin

Coward Üçgeni ile yorumlanması havanın patlayabilirliği hakkında bilgi edinilmesini sağlamaktadır. Patlamalar, ocak yangınları ve açık alev, elektrik arkları, egzoz gazları, taşların sürtünmesi, metallerin taşa sürtünmesi, metalin metale sürtünmesi ve elektrostatik deşarj (statik elektrik) grizunun başlıca patlama nedenleridir. Metan gazına karşı alınacak güvenlik önlemleri, metanın; birikmesini önlemek, patlamasını önlemek ve patlamanın yayılmasını önleyerek patlama sonrası oluşacak hasarı en aza indirmek şeklinde üç ana başlık altında toplanabilir. Ani gaz püskürmesi şeklinde “degaj” yaparak büyük zararlara neden olan metan gazının “drenaj” yapılarak azaltılması, metan gazının ortamdan uzaklaştırılması için kullanılan en önemli yöntemlerden biridir (Ayvazoğlu 1984).

Ocak havalandırmasının önemli konularından biri de toz sorunudur. Kayacın; çarpma, aşınma, kırılma, kesilme, öğütülme ve patlatılması nedeniyle parçalara ayrılması, mekanize kazı işlemleri, tavan tabakalarının göçme esnasında kırılması, delik delme ve patlatma işlemleri, yükleme işlemleri, nakliyat ve kırma işlemleri gibi kaynaklar toz oluşumuna neden olmaktadır. Oluşan tozlar; konimetre, ısısal çöktürücüler, gravimetrik toz toplayıcılar, tinalometre, kişisel toz toplayıcılar ve radon dedektörü gibi ölçüm araçlarıyla belirlenmektedir. Toz sorunu; insan sağlığı açısından pnömokonyoz hastalığına kaynak teşkil etmesi, iş güvenliği açısından da toz patlamalarına neden olması açısından madencilik çalışmaları sürecinde üzerinde titizlikle durulması gereken konulardan biridir. Tozun oluşumunun önlenmesi, oluşan tozun bastırılması, tuzlama ile toz patlamalarının önlenmesi, taş tozu ve su barajları gibi önlemlerle patlamanın bastırılması tozla mücadele çalışmalarının önemli aşamalarını oluşturmaktadır (Yalçın 2017).

Ocak havalandırmasının bir diğer konusu ocak yangınları; eksojen (açık alevli) ve endojen (gizli) olmak üzere iki ana başlık altında ele alınmaktadır. Band tesislerindeki yangınlar, kuyu vinciindeki yangınlar, elektrik donanımındaki yangınlar, kaynak işleri sonucu oluşan yangınlar, sıvı yakıt yangınları, ateşleme sonucu oluşan yangınlar, patlamalar sonucu oluşan yangınlar, açık alevlerin neden olduğu yangınlar ve kesici-kazıcı makinaların neden olduğu yangınlar önemli açık alevli yangın kaynaklarıdır. Bu tip yangınlara; kuru yangın söndürücüler, köpüklü söndürücüler, karbondioksitli söndürücüler ve suyla söndürme ile mücadele edilmektedir. Kendi kendine yazma, kendiliğinden yanma veya gizli yangınlar olarak da isimlendirilen endojen yangınların kaynağı oksidasyon ısıdır. Oksijen, kömür tarafından absorbe edilir ve bu absorpsiyon sonucu 1-2 °C sıcaklık artışı olur. Ancak, havalandırma ile oluşan ısı taşınır ve tehlike kalmaz. Aksi halde hava tamamen kesilmelidir. Derinlik, tektonik, damar kalınlığı, üretim yöntemi, kazı hızı, dolgu şekli ve cinsi, havalandırma, ocak iklimi, rutubet, kükürt

miktarı, petrografik yapı ile porozite ve ısı geçirgenliği kendiliğinden yanmaya etkisi bilinen faktörlerdir. Gizli ocak yangınlarıyla savaşılmaması sürecinde öncelikle kendi kendine yanmaya etki eden faktörler göz önünde bulundurulmalı ve müdahale edilebilecekler ele alınmalıdır. Önemli olan kızışmanın erken tespiti ve önlenmesidir. Kendiliğinden yanma ile savaşta en önemli konu erken tespittir. Bunun için de gaz ölçümleri sürekli ve düzenli olarak yapılmalıdır. Alınan önlemlerin yetersiz kalması durumunda son çare yangınlı sahanın barajlarla kapatılmasıdır, ki bir sahanın yangın nedeniyle kapatılmasının olumsuz yönleri açıkça bellidir ve saha açıldıktan sonra ne ile karşılaşılacağını bilmek de mümkün değildir (Ayvazoğlu 1984).

Kahraman ve Sığırcı (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, tali havalandırmanın önemine vurgu yapılmış, tali havalandırma tasarım ve uygulama sürecin birçok parametreye bağlı olduğunu beyan edilmiştir. Çalışmada Çayırhan Yeraltı Linyit İşletmesinde mekanize kazı yöntemi ile oluşturulan G-109, G-110 ve G-4007 galerilerinin havalandırma tasarımları hakkında detaylı bilgiler verilmiş, bu galerilerin oluşturulmasında karşılaşılan havalandırma problemleri tespit edilerek bu problemlerin giderilmesine yönelik önerilerde bulunulmuştur. İşletmede kullanılan tali üfleyicilerin kullanıma uygun olduğu, hesaplamalarda arına yeterli miktarda hava sağlayabilmek için tek bir vantilatör kullanımının yeterli olabileceği, tali havalandırma hesaplarının bilgisayarla yapılmasının mümkün olduğu, ancak yatırım ve işletme sürecinin daha doğru yürütülebilmesi için matematiksel analiz yöntemlerinin ve karakteristik eğrilerin kullanılmasının daha faydalı olacağı belirtilmiştir. Ocakta yapılan eski uygulamalar ve hava ölçümleri dikkate alındığında fantüp bağlantıları için kaçak hava miktarının %2 olarak kabul edilebileceğine vurgu yapılmıştır. Daha az bir depresyonla arına ulaşan hava miktarının artırılmasının fantüp çapının artırılması ile sağlanabileceği, kullanılan fantüp hattındaki bağlantıların uygun yapılması, yırtıkların tamir edilmesi, tahkimat elemanları ile fantüpün sıkıştırılmaması gibi önlemlerle kayıpların en aza indirilebileceği belirtilmiştir. İşletme koşullarına uygun fantüp seçimi ve fantüpün tekstil özelliklerinin sonuçları ciddi düzeyde etkilediği vurgulanmış fantüplerin antistatik ve alev yürütmez özellikte olması gerektiği belirtilmiştir. Fantüplerin halatlarla sabitlenerek asılması ile fantüp hasarlarının ciddi düzeyde azaltıldığı, kullanımdaki yük kayıplarının engellendiği gözlemlenmiştir. Vantilatörlerin herhangi bir neden durması ve tekrar çalışması durumunda fantüp hattında ayrılmalar olabileceği, bunun önlenmesi için ön kalkınmalı motor kullanımı veya yıldız-üçgen yolvermeyi sağlayacak yumuşak yol verici sistemlerin tasarlanması gerektiği belirtilmiştir.

Günay vd. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, yeraltı ocaklarında havalandırmanın iş sağlığı ve güvenliği açısından önemini değerlendirmek, havalandırmayla ilgili göz ardı edilen ancak oldukça önemli olduğu düşünülen konuları gün ışığına çıkarmak konularına değinilmiştir. Bu amaçla ihtiyaç duyulan temiz hava miktarının hesaplanmasının, kirleticilerin temizlenmesi ve termal konforun sağlanmasının iş sağlığı ve iş güvenliği açısından önemi vurgulanmış ve bu kapsamda çeşitli önerilerde bulunulmuştur. Bu çalışmanın önemli bir sonucu olarak, çeşitli tedbirler alınmasına rağmen havalandırma nedeniyle meydana gelen kazaların engellenememesinin altında yatan bazı nedenler ön plana çıkarılmaya çalışılmıştır. Sonuç olarak yeraltı ocaklarının havalandırılması ile ilgili mevzuatta eksikliklerin bulunduğu, bu eksikliklerin iş sağlığı ve güvenliği açısından sorunlar ortaya çıkarttığı, ilgili tüm paydaşlarının katılımının sağlanabileceği platformların oluşturulması gerektiği, havalandırmaya yönelik çalışmalara öncelik verilmesi, havalandırmaya yönelik eğitim programlarının geliştirilmesi ve uygulanmasının çok faydalı olacağı, yeraltı ocaklarında havalandırmanın en etkin iş sağlığı ve güvenliği aracı olduğu, bu konuya gereken önemin verilmesi gerektiği, aksi durumda acı olayların tekrar tekrar yaşanacağı, bu bağlamda havalandırma algısının değiştirilmesinin şart olduğu ve tüm paydaşların üstüne düşeni eksiksiz olarak yapmaları gerektiği belirtilmiştir.

## **2.1 HAVANIN OCAKLARDA DOLAŞTIRILMASI**

Ocaklarda hava akışının sağlanması için dolaştırılacak hava miktarı, hava yolunun direnci ve basınç kayıpları gibi temel değişkenlerin belirlenmesi gerekmektedir. Dolaştırılacak hava miktarı; ocakta aynı anda bulunacak maksimum çalışan sayısına göre, hazırlık ve üretim çalışmaları esnasında yayılan gaz ve oluşan toz miktarlarına göre, bir defada kullanılan patlayıcı madde miktarına göre, ocaklarda çalışan dizel araçlara göre ve mevzuatta belirtilen hava hızı limitlerine göre hesaplanmaktadır. Hava yolunun direncinin belirlenmesinde ilk aşama galeri cidarlarında meydana gelen sürtünme direncinin tespitidir. Bir galeri kesiminin direncinin belirlenmesinde; o galeri kesimine ait tablolardan elde edilen sürtünme katsayısı, uzunluğu, çevresi ve kesiti değerleri kullanılmaktadır. Ayrıca; havanın yön ve/veya kesit değiştirmesi, kavşaklar, hava giriş ve çıkışları ile hava yolundaki mevcut engeller gibi “şok kayıpları” olarak adlandırılan veriler de “eşdeğer uzunluk” yöntemi kullanılarak toplam direnç hesaplarına dahil edilmektedir (Saltoğlu 1983).

“Ocak Karakteristik Eğrisi” ocaklarda havanın dolaştırılması konusunda önemli kavramlardan biridir. Bir ocak için hava miktarı-basınç ilişkisi ikinci dereceden bir matematiksel ifadedir. Bu

ilişkiyi grafik olarak göstermek amacıyla hava miktarını apsisi, basınç ise ordinat olarak kabul ederek çizilen eğriye “ocak karakteristik eğrisi” denir ve bir parabolü gösterir. Ocak direnci ne kadar büyükse karakteristik eğri o kadar dik, aksi takdirde o kadar yatık olur (Ayvazoğlu 1984).

Bir ocağın havalandırma durumunun incelenmesinde “Eşit Ocak Açıklığı” olarak adlandırılan bir değer de kullanılmaktadır. Eşdeğer ocak açıklığı belirli bir A açıklığını göstermekte olup bu açıklıktan, ocaktan geçen hava kadar hava geçirildiğinde meydana gelen basınç kaybı ocağın toplam basınç farkına eşit olur. Eşdeğer ocak açıklığı herhangi bir ocağın havalandırma durumu hakkında iyi bir karşılaştırma olanağı sağlamaktadır. Eşdeğer ocak açıklığı 1 m<sup>2</sup>’nin altında ise “dar”, 1-2 m<sup>2</sup> ise “orta” ve 2 m<sup>2</sup>’den büyük ise “geniş” ocaklardan söz edilir (Saltoğlu 1983).

## **2.2 OCAK HAVALANDIRMA DEVRELERİ**

Bir havalandırma sisteminde seri ve paralel olmak üzere iki temel düzenleme mevcuttur. Her iki düzenleme karmaşık bir sistem içinde de bulunabilir. Ancak, karmaşık bir sistemi bazı tekniklerle seri ve paralel devreler haline getirerek çözümü basitleştirmek mümkündür. Seri bağlı devre, devreyi oluşturan hava yollarının uç uca eklenmesiyle oluşturulmuş bir sistemdir. Seri hava yollarında her bir hava yolundan geçen hava miktarı eşittir. Ancak hava yollarının dirençleri farklı olduğundan, her bir hava yolundaki basınç değeri farklı olmaktadır. Bir hava yolundan geçen havanın birden fazla hava yoluna ayrıldığı devreler ise paralel bağlı hava yollarıdır. Paralel hava yollarında her bir hava yolundan geçen hava miktarı farklıdır. Ancak, bu farklılık, farklı direnç değerleri ile dengelendiğinden, paralel devreyi oluşturan her bir hava yolundaki basınç değeri aynı olmaktadır. Bu tür havalandırma şebekelerinde; kol vantilatörlerinin kullanılması, hava yolunun direncinin azaltılması (pozitif ayarlama) ve ayarlı hava kapılarının kullanılması (negatif ayarlama) ile havanın kontrollü dağılması sağlanmaktadır (Yalçın 2017).

## **2.3 HAVALANDIRMA ŞEBEKELERİNİN ANALİZİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER**

Maden işletmeciliğinin dinamik bir yapıya sahip olması nedeniyle yeraltı çalışma koşulları ve ocaklardaki hava dağılımı devamlı değişmektedir. Bu nedenle havalandırma planlamaları hazırlık ve üretim çalışmalarına paralel olarak ortaya çıkan değişiklikleri göz önüne alarak yapılmaktadır. Değişik koşullarda gerekli hava dağılımını sağlamak için hava kapısı ya da

ayarlı hava kapılarının (regülatörlerin) nereye konulacağı; yeni kuyu, galeri ya da ayak hazırlanması durumunda hava dağılımının nasıl olacağı ve kesit daralması gibi havalandırma sistemine ilişkin her türlü sorunların gerek proje gerekse de üretim aşamasında dikkatlice ele alınması gerekmektedir. Bu ise ancak "havalandırma şebeke analizi" yöntemleri uygulanarak sağlanabilmektedir. Ocak havalandırma sisteminin planlanması konusunda bilimsel yöntemlerin geliştirilmesi, havalandırma şebeke analizinin duyarlı bir şekilde yapılmasına olanak vermektedir (Güyağüler 1991). Havalandırma şebeke analizi, şebekeyi oluşturan kollar ile bu kollardan geçecek olan hava miktarları arasındaki karşılıklı davranış ilişkisini inceler. Ocak şebeke sisteminde istenilen hava dağılımını sağlamak için dirençler, vantilatörler ve hava kapıları ile regülatörlerin farklı farklı tasarlanabileceği birçok seçenek mevcuttur. Bu seçeneklerin her birinin incelenmesi ve böylece en uygun seçeneğin bulunması havalandırma şebeke analiz teknikleri ile kolayca yapılabilmektedir (Yalçın 2017).

Seri ve paralel bağlı devreler haline getirilemeyen havalandırma şebekeleri “Karmaşık Şebekeler” olarak adlandırılmaktadır. Pratikte büyük ocakların havalandırma şebekeleri genellikle bu tiptir. Bu şebekelerin analizi için seri ve paralel bağlı devrelere uygulanan eşdeğer direnç yöntemi uygulanamamaktadır (Önce ve Saraç 2001). Büyük ocaklarda havalandırma şebekesi analizinin elle yapılması çok zordur ve çok zaman alıcıdır. Yeraltı üretim yerlerinin derinlikleri gün geçtikçe artmakta ve bu nedenle yeraltına gerekli havayı göndermek zorlaşmaktadır. Bu zorluğun aşılmasına yönelik olarak; mevcut ocakta yeni hava yollarının açılması veya bazı hava yollarının devreden çıkarılması, hava kapılarının yerlerinin değiştirilmesi, galeri dirençlerinin azaltılması veya arttırılması gibi ocakta yapılan değişikliklerin hava dağılımını nasıl etkilediğini çok kısa sürede ortaya çıkarmak için bilgisayar programlarının kullanılması büyük kolaylıklar sağlamaktadır (Yalçın ve Gürgen 1999).

Havalandırma problemlerinin çözümünde kolaylık ve tanım birliği sağlamak için yapılan bazı tanımlar ve kabuller aşağıda sıralanmaktadır.

Tanımlar:

- Şebeke: Ocağın çok parçalı kapalı sistemi.
- Kavşak: Üç veya daha fazla kolun birleştiği nokta.
- Kol: İki kavşağı birbirine bağlayan yol.
- Göz: Birbirine bağlanmış kollardan oluşan kapalı devre.

- Diyagram: Kavşak ve kol düzenimi belirtmek için ocağın çizgilerle ve ölçeksiz olarak gösterilen şekli (Önce ve Saraç 2001, Yalçın 2017).

Kabuller:

- Ocak havası sıkışmaz olarak kabul edilir ve havanın hacminde sıcaklık değişimleri nedeniyle artma veya azalma olmaz.
- Bütün kollar için Atkinson'un “h (basınç) = R (direnç) x Q<sup>2</sup> (hava miktarı)” eşitliği geçerlidir.
- Elektrik şebekeleri için geliştirilmiş olan Kirchoff kanunları havalandırma şebekeleri için de geçerlidir (Önce ve Saraç 2001, Yalçın 2017).

Kirchoff kanunları aşağıda açıklanmaktadır:

- Kirchoff'un 1. kanununa göre; bir kavşağa gelen toplam hava miktarı bu kavşaktan ayrılan toplam hava miktarına eşittir. Bu kanun  $\sum_{i=1}^n Q_i = 0$  bağıntısı şeklinde ifade edilebilir.
- Kirchoff'un 2. kanununa göre; kolların oluşturduğu kapalı bir devre (göz) içinde basınç düşüşlerinin cebirsel toplamı sıfırdır. Gözü oluşturan kollarda vantilatör ve/veya doğal havalandırma olmadığı durumda bu kanun  $\sum_{i=1}^n h_i = 0$  bağıntısı şeklinde ifade edilebilir. Eğer gözü oluşturan kollarda vantilatör ve/veya doğal havalandırma var ise bu kanun  $\sum_{i=1}^n (h_i - h_m) = 0$  bağıntısı şeklinde ifade edilebilir. Burada  $h_m$ , m'inci koldaki vantilatör ve/veya doğal havalandırmanın neden olduğu basınç farkıdır (Yalçın 2017). Söz konusu gözde bir vantilatör bulunuyorsa göz etrafındaki basınç düşüşlerinin toplamı, vantilatörün yarattığı basınç farkına eşit olur (Önce ve Saraç 2001).

Havalandırma şebekelerinin analizinde, şebekenin basit veya karmaşık olması durumlarına göre farklı çözüm yöntemleri kullanılmaktadır. Basit devre çözümlerinde Eşdeğer Direnç Yöntemi yeterli olmakta, karmaşık şebekelerde ise diğer çözüm yöntemlerinden yararlanılmaktadır (Yalçın ve Gürgen 1999).

### 2.3.1 Eşdeğer Direnç Yöntemi

Havalandırma şebekesinin birbirine paralel ve/veya seri halde bağlanmış hava yollarından oluşması durumunda kullanılan en basit yöntemdir. Bu yöntemde ocakta birbirlerine seri veya paralel bağlanmış yolların eşdeğer direnci bulunduktan sonra toplam basınç kaybı

hesaplanmaktadır. Toplam direnç seri bağlantı durumunda  $R_T = R_1 + R_2 + \dots + R_n$  bağıntısıyla, paralel bağlantı durumunda ise  $\frac{1}{\sqrt{R_T}} = \frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{R_n}}$  bağıntısıyla hesaplanmaktadır. Bu bağıntılarda “ $R_1, R_2, \dots, R_n$ ” kol dirençleri, “ $R_T$ ” ise toplam direnç olup, hesaplanan toplam direnç sistemin eşdeğer direncidir. Yeraltındaki havayolları karmaşık bir yapı gösterdikleri için, bu yöntemin uygulanması küçük ocaklar veya ocakların sadece bir bölümü ile sınırlı kalmaktadır (Yalçın 2017).

### 2.3.2 Analog Yöntemi

Bu yöntemde havalandırma şebeke analogları hava yollarından geçen hava akımının değişik akışkanlar ya da elektrik akımı ile gösterilme esasına dayandırılarak tasarlanmaktadır. Fiziksel modellerin bazıları pnömatik, hidrolik ve elektriksel analoglardır. İlk ikisi (akışkan modeller) bazı pratik zorluklar nedeniyle fazla kullanılamamaktadır. Elektrik analogları ise kısa bir süre kullanılmıştır. Ancak analog yönteminin uygulanması, akışkanlara ve elektriğe ilişkin esas kanunların birbirinden farklı olması nedeniyle zorlaşmaktadır. Havalandırmada basınç denklemi  $h = R \times Q^2$  olmasına karşın elektrikteki eşdeğeri olan volt  $V = R \times I$  eşitliğinden bulunmaktadır. Bu zorluk analog içinde doğrusal olmayan dirençler kullanılarak giderilebilmekte ancak analog oluşturmadaki bazı pratik zorluklar ile çok fazla zaman almaktadır. Analoglar, sistemi doğrudan temsil edebilmelerine karşın çok fazla kullanım alanı bulamamıştır. Son yıllarda sayısal tekrarlama tekniklerinin geliştirilmesi ve bilgisayar kullanımı analog uygulamalarını son derece azaltmıştır (Güyagüler 1991).

### 2.3.3 Tekrarlama Yöntemleri

Havalandırma şebeke analizinde kullanılmak üzere çeşitli tekrarlama (iterasyon) teknikleri geliştirilmiştir, Hardy Cross tarafından geliştirilen "Hardy Cross İterasyon Tekniği" en fazla kullanılanıdır. Bu yöntemde izlenen yol aşağıda verilmiştir.

- a) Şebeke içindeki her bir kol için hava miktarı tahmini yapılır.
- b) Şebeke incelenir ve gözler oluşturulur. Gözler oluşturulurken şebekedeki her bir kolun kullanılmış olmasına dikkat edilir. Hesaplamalarda kullanılacak olan göz sayısı “ $n = \text{kol sayısı} - \text{kavşak sayısı} + 1$ ” bağıntısıyla hesaplanır.
- c) Her bir göz için Eşitlik 2.1 kullanılarak  $\Delta Q$  doğrultman katsayısı hesaplanır.  $\Delta Q$  kola atanan

hava miktarı tahmini değer ile gerçek değer arasındaki fark olmaktadır.

$$\Delta Q_m = \frac{-[\sum_{i=1} (R_i \times Q_{ia} \times |Q_{ia}| - H_f) - DHB_m]}{\sum (2 \times R_i \times |Q_{ia}| - S_f)} \quad (2.1)$$

$\Delta Q_m$  = Doğrultman Katsayısı

$R_i$  = Kolun Direnci (gaul)

$Q_{ia}$  = Kola Atanan Hava Miktarı ( $m^3/sn$ )

$|Q_{ia}|$  = Kola Atanan Hava Miktarının Mutlak Değeri ( $m^3/sn$ )

$H_f$  = Vantilatör Basıncı (Pa)

$S_f$  = Vantilatör Karakteristik Eğrisinin Eğimi ( $^\circ$ )

$DHF_m$  = Doğal Havalandırma Basıncı (Pa)

d) İterasyon  $\Delta Q$  değeri belirli bir sayının altına düşene kadar (Örn. 0,05) tekrarlanır. İterasyon sonunda her kol için bulunan hava miktarı gerçek değere yaklaşmış ve şebeke dengelenmiş olacaktır (Güyağüler 1991, Yalçın 2017).

Bilgisayar çalışmasına geçmeden önce, bilgisayara verilecek bilgilerin derlenmesi sırasında şu işlemler yapılmalıdır:

a) Havalandırma planı üzerinde tüm kol ve kavşaklar uygun biçimde numaralandırıldıktan sonra ocağın çizgisel diyagramı çizilir.

b) Yerinde ölçmelerle veya hesaplama yoluyla hava yollarının dirençleri belirlenir.

c) Çalışma yerlerinden geçirilmek istenen hava miktarları hesaplanır.

d) Uygun şekilde göz seçimi yapılır.

e) Her kol için hava miktarlarının ilk tahmini değerleri Krichoff'un 1. prensibine uygun olarak atanır.

f) Vantilatörün yaratması gereken depresyon hesaplanır.

g) Elde edilen veriler bilgisayara uygun şekilde verilir (Önce ve Saraç 2001).

Bu bölümde anlatılan Hardy-Cross yönteminin elle uygulanması uzun ve zahmetli işlemleri gerektirmekte, sadece küçük şebekeler için mümkün olabilmektedir. Çok gözlü şebekelerin elle hesap yoluyla çözümlenmesi ise olanaksızdır. Bu durumda günümüzde mühendislerin en büyük yardımcısı durumundaki sayısal bilgisayarlardan yararlanmak şart olmaktadır. Bilgisayarlar sayesinde en karmaşık şebekeler dahi kısa zamanda çözümlenebilmektedir (Güyagüler 1991).

## **2.4 BİLGİSAYARLARIN HAVALANDIRMA ŞEBEKELERİNİN ANALİZİNDE KULLANILMASI**

Ocak havalandırma şebekelerinin analizinde kullanılan simülasyon (benzetim) yazılımları bilgisayar dillerinden biri ile yazılmış bir matematiksel modeldir. Simülasyon programından beklenen gerçek şebekeye yakın sonuçlar vermesidir. Bu üç faktöre bağlıdır: İlki; kullanılan eşitliklerin uygun olması, ikincisi kullanılan verilerin gerçek değerlere yakın olması ve üçüncüsü ise kullanılan yöntemin doğruluğudur (Yalçın 2017).

Başlangıçta piyasaya sürülen yazılımlar kullanılarak karmaşık havalandırma modelleri üzerinde çalışmalar yapılmış ancak bu modellerin analizinde, doğru olarak girilmesi gereken çok sayıda veri miktarı nedeniyle çoğu zaman fark edilmeden ciddi hatalar yapılabildiği görülmüştür. Maden ocaklarının giderek büyümesiyle büyük veri setlerinin havalandırma yazılımlarına girişlerinde büyük sorunlar yaşanmaya başlanmış, bu modellerin madene aşına olmayan kişiler tarafından kullanılması da daha zor hale gelmiştir. Bunlara ilaveten; birçok karmaşık havalandırma modeli mevcut mühendisler tarafından geliştirilmiş ancak bu mühendisler işten ayrıldığında yerlerine gelen yeni mühendisler mevcut modeli anlamakta büyük zorluklarla karşılaşmışlardır (URL-1).

Günümüzde gelişen bilgi işlem teknolojilerine paralel olarak bilgisayar yardımıyla havalandırma şebekelerinin simülasyonuna yönelik çok sayıda yazılım geliştirilmesine devam edilmektedir. Özellikle uygun fiyatlı 3-Boyutlu grafik donanımının (ekran kartlarının) kişisel bilgisayarlara dahil edilmesi havalandırma yazılımlarına yeni bir yaklaşımı teşvik etmiştir. Bu yeni yaklaşımın geliştirilmesindeki bir diğer önemli faktör, maden çalışanları ve ekipmanları için uygun koşulları sağlamak amacıyla yeraltı çevre koşullarının simüle edilmesi ve tasarlanması yönünde artan taleptir. Yeni görüntüleme teknolojilerinin öncülük ettiği yeni yaklaşım doğrultusunda hazırlanan yazılımlar, diğer maden planlama yazılımlarından bağımsız olarak çalışabilen ancak maden planlama programlarından ve diğer havalandırma

yazılımlarından gelen verilerin programa aktarılabilmesini de sağlayacak düzeyde bir uyumluluk sağlayan bir havalandırma aracı olarak tasarlanmıştır. Ayrıca, bu yazılımlar hava akışlarının simülasyonunun yanı sıra; sıcaklıkları, kirletici maddeleri ve maden havalandırmasının finansal yönlerini de analiz edecek şekilde entegre edilmiş birçok yardımcı programdan oluşmaktadır (URL-1).

Longson and Dixon (1990) tarafından yapılan bir çalışmada, yüksek üretim kapasiteli bazı ayaklardan gelen aşırı metan emisyonunun kontrol altına alınabilmesi için geliştirilmiş bir havalandırma stratejisinin iyileştirilmesine yönelik araştırmalar yapılmıştır. Havalandırma maliyeti modelleme testleri sabit bir şebeke üzerinde havalandırma şemasının ve fan kapasitesinin değiştirilmesi şeklinde uygulanmıştır. Üretim oranlarına bağlı olarak değişik şemaların uygunluğu tanımlanmış ve bunların gerçek sistemlere uygulanabilme durumları verilmiştir. Belirlenen bir üretim yeri şeması için üretim miktarına karşın havalandırma maliyetlerini verebilmek amaçlanmıştır.

Koketayev (2003) tarafından yapılan bir çalışmada, maden havalandırma sistemlerinde kullanılan geleneksel matematiksel modellerin tam olarak gerçek kontrol amacına hizmet etmediğini, spesifik olarak alanında uzman kişilerin deneyim ve bilgilerinin kullanımını gerektiren uzman sistemler kullanıldığında bu dezavantajların yok edilebileceği belirtilmiştir. Yapılan incelemeler neticesinde normal ve normal olmayan durumlarda maden havalandırma sistemini kontrol eden bir bilgisayar sistemi kullanımına yönelinmiştir. Veritabanı kullanımına yönelik program fonksiyonları üzerinde çalışılmış, bilgisayarın diğer blokları ile veritabanı arasındaki bağlantılar belirlenmiştir. Sonuçta hem normal hem de normal olmayan durumlarda maden havalandırma sistemine ait problemlerin hesaplanmasında bilgisayar kullanımının daha iyi sonuçlar verdiği ortaya konmuştur.

Günümüzde, yeraltı maden ocaklarının şebeke analizinde kullanılacak; ClimSim, DuctSim, MINOVA (Mine Ventilation Network Analysis), MVS (Mine Ventilation Software), VentGraph, VnetPC, VUMA (Ventilation of Underground Mine Atmospheres) ve Ventsim gibi çok sayıda simülasyon programı mevcuttur. Bu çalışmada Howden firması tarafından geliştirilen Ventsim 3B Maden Havalandırma Simülasyonu Yazılımı kullanılmıştır. 2500'den fazla maden, üniversite, danışman, hükümet ve araştırma kuruluşu tarafından kullanılan, güvenilen ve dünyanın en çok satan maden havalandırma yazılımı olan Ventsim, hava akışı, basınç, ısı, gazlar, güç, radon, yangın ve diğer birçok havalandırma bilgisi türü dahil olmak

üzere havalandırma devrelerinin tasarımı ve test edilmesi için eksiksiz bir entegre maden ve tünel havalandırma yazılım paketidir. Maden mühendislerinin ve uzmanların yeraltı maden havalandırma sistemlerini tasarlamak, analiz etmek ve optimize etmek için kullandığı bir yazılım olan Ventsim; havalandırma sistemlerinin etkinliğini değerlendirmek, havalandırma şebekesinin düzenini optimize etmek ve iş sağlığı ve güvenliğini sağlamak amacıyla kullanılan özel özelliklere sahiptir. Ayrıca, yeraltı madenlerindeki hava akışı, gaz dağılımı ve ısı transferi gibi faktörlerin simülasyonunu gerçekleştirmek için de kullanılmaktadır (URL-2).

Hurtado et al. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, El Teniente (Şili) madenindeki blok göçertme düzeni içindeki havalandırma devreleri için yük kayıplarını belirlemek amacıyla bir maden havalandırma ağı çözücüsü ile birlikte Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD) temelli bir simülasyondan elde edilen sonuçlar sunulmaktadır. Havalandırma ağını simüle etmek için, hava akışı yolu, giriş katından çıkış katına doğru sürtünme şok kayıpları açısından karakterize edilmiştir. Daha sonra bu simüle edilmiş yük kayıpları havalandırma modeli için kullanılmış, enerji kaybı ticari bir havalandırma programı kullanılarak hesaplanmış ve %25 tasarruf sağlayan basit enerji tasarrufu değişiklikleri önerilmiştir. Bu metodoloji, verimli maden havalandırma sistemlerine sahip üretim katlarının tasarlanmasına yardımcı olmuştur.

Özer vd. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, ocağın hangi bölgesinden ne kadar hava geçtiğinin analiz edilmesi, olası riskleri önceden kestirmek ve gerekli tedbirleri alabilmek için 3 boyutlu ortam analizlerinin yapılması gerektiği belirtilmiştir. Soma Kömür İşletmelerine ait Işıklar yeraltı ocağının havalandırma şebekesi Ventsim simülasyon programı kullanılarak bilgisayar ortamında oluşturulmuş ve değerlendirilmiştir. Bu çalışmada havalandırma şebekesinin bilgisayar ortamında oluşturulan modelinin mevcut şebekeyi yeterince temsil etmesi gerektiği vurgulanmıştır. Simülasyonda oluşturulan modelin gerçeği yansıtma oranını belirlemek için korelasyon çalışması yapılmıştır. Ocakta ölçülen hava miktarı ile simülasyonda hesaplanan hava miktarı arasındaki mutlak farkın, yerinde ölçülen hava miktarına oranı olarak tanımladıkları korelasyon sonucunda %10 değerinden küçük bir değer elde edilmesinin kabul edilebilir bir sonuç olduğu belirtilmiştir. Ocak havalandırma şebekesi üzerinde yapılan bu çalışmada korelasyon sonucu %5,4 olarak hesaplanmış, bu sonucun kabul edilebilir sınır içinde kalması dolayısıyla gerçeği yeterince yansıttığı kanaatine ulaşılmıştır. Bu bağlamda söz konusu program ile ocak havalandırmasının planlanabilir olduğu, şebeke içerisinde olabilecek değişikliklerin tüm şebekeye etkisinin güvenilir bir şekilde analiz edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Zhang and Suo (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, Majiagou (Çin) kömür havzasındaki büyük bir kömür ocağında havalandırma direnci konusu üzerinde durulmuştur. Üretim planlarına göre ocak direnci kapsamlı bir şekilde ölçülmüş, direnç dağılımları ve havalandırma sistemlerinde var olan sorunlar analiz edilmiş ve hedefe yönelik optimizasyon programları geliştirilmiştir. Ocağın havalandırma sistemi modeli incelenmiş, sistem parametreleri hazırlanmış ve sistem Ventsim yazılımına uygulanmıştır. Bu uygulama sonucunda maden havalandırma tasarımının maden havalandırma sistemi optimizasyonlarında yararlı olduğu kanıtlanmıştır. Dolayısıyla Ventsim yazılımının yalnızca havalandırma şebekesinin hesaplamasında, simülasyonunda ve hava akışının dinamiğinde kullanılamayacağı, aynı zamanda havalandırma sistemi için kısa ve uzun vadeli planlamaya yardımcı olmak için de kullanılabileceği, ayrıca, havalandırma sorunlarının tespiti ve havalandırma ağının optimizasyonu konusunda da yol gösterici nitelikte olduğu belirtilmiştir.

Çakır (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, bir yeraltı maden ocağı havalandırma şebekesinin bilgisayar ortamında oluşturulması için Ventsim havalandırma tasarım programı kullanılmıştır. Havalandırma ölçümlerine ilişkin değerler, Eskişehir ili Mihaliççik ilçesinde bulunan Adularya Madencilik Enerji A.Ş.'ye ait yeraltı kömür madeninden alınmıştır. Bu veri seti kullanılarak havalandırma tasarımı yapılmış ve elde edilen sonuçlar gerçek değerlerle karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, tasarım sonuçlarının gerçeğe yakın olduğu ve tasarımın başarılı olduğu belirlenmiştir.

Dartıcı (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, Doğu Anadolu Bölgesi'nde -1450 ve -1260 m kotları arasında yer alan örnek bir kömür madeninin uzun ayak yöntemi ile kömür üretimi analiz edilmiş, en derin ve uçta çalışma yapan işçilerin bile gerekli temiz havayı temin edeceği havalandırma planı bilgisayar destekli hesaplanmıştır. Örnek bir kömür madeni 3 boyutlu olarak tasarlanmış, tüm kesit alanları ölçülmüş, kömür üretim panoları incelenmiş, minimum-maksimum hava hızları Maden Emniyet Tüzüğü'nce belirlenen sınır değerler içinde tutulmuş ve her bir noktadaki temiz hava miktarı bulunmuştur. Yeraltı madenleri için gerekli hava miktarı tayini yapılırken 5 yöntem ön plana çıkmıştır. Bunlar, işçi sayısına göre hava miktarının belirlenmesi, günlük üretime göre hava miktarı hesabı, maden içerisinde yayılan gazların hacmine göre hava miktarı tayini, ocaktaki toz oluşumuna göre hava miktarı hesabı ve patlayıcı miktarına bağlı hava miktarı hesabıdır. Sketch Up programı yardımı ile tasarlanan maden haritası Ventsim programına aktarılmış, farklı kesit alanları, çeşitli çalışma koşulları ve toz konsantrasyonları dikkate alınarak optimum temiz hava hesaplamaları yapılmıştır.

Kahraman vd. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, Polyak Eynez Enerji Üretim Madencilik San. ve Tic. A.Ş. yeraltı linyit işletmesinde mekanize kazı yöntemi ile açılan üretim desandresi ile arın bölgesine yeterli havanın iletilmesi için yapılan tasarım, uygulama ve ölçüm-izleme çalışmalarını incelenmiş ve değerlendirmeler yapılmıştır. +214 giriş kotu bulunan üretim desandresinin uzunluğu 3356 m, eğimi yaklaşık  $-14^{\circ}$ , kesiti  $23,4 \text{ m}^2$ 'dir. Desandre 1400. metreye kadar 45 kW gücünde tek bir vantilatörle, 2800. metreye kadar ise seri olarak bağlanmış  $2 \times 45 \text{ kW}$  gücündeki fanlarla havalandırılmıştır. Havalandırma boruları (fantüpler) olarak çoğunlukla 1400 mm çaplı fantüpler kullanılmıştır. Yapılan ölçüm/izleme çalışmaları sonucunda üretim desandresinin 3356. metresinde bulunan galeri arınına  $0,50 \text{ m/sn}$  hızın üzerinde bir hava gönderilmiş, herhangi bir havalandırma problemi yaşanmamıştır. Ocak ortamında yapılan ölçümlerle Ventsim yazılımı simülasyon değerleri sürekli karşılaştırılmış ve yakın sonuçlar elde edilmiştir.

Kurşunoğlu ve Önder (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, bir maden ocağının tali havalandırma sistemi, tali havalandırma analiz işlemlerinin kolayca yapılabilmesini sağlayan DuctSim programı kullanılarak tasarlanmıştır. Uygulamanın gerçekleştirildiği maden ocağına ait tali havalandırma bacasında tasarımın yapılabilmesi için öncelikle vantilatör çıkışında ve arında hava miktarı ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda; kullanılan fantüp özellikleri; uzunluk, çap, sürtünme katsayısı, hava kaçağı ve ayrıca şok kayıpları belirlenmiştir. Belirlenen tüm ölçümlere ait değerler DuctSim programına aktararak, vantilatörden çıkan hava ile arına ulaşan hava miktarı belirlenmiştir. Ocaktan alınan ölçümler DuctSim programına girilmiş ve vantilatörden çıkan hava miktarı  $5,63 \text{ m}^3/\text{sn}$  olarak hesaplanmıştır. Hava kaçakları fazla olduğu için arına  $4,96 \text{ m}^3/\text{sn}$  havanın ulaşmakta olduğu, bu durumda 270 m uzunluğundaki tali havalandırma bacasında toplam hava miktarı kaybının yaklaşık olarak  $0,7 \text{ m}^3/\text{sn}$  olarak belirlendiği görülmüştür. Bu değerler gerçekteki verilere çok yakın olduğu için programın doğru bir şekilde çalıştığı sonucuna varılmıştır.

Önder vd. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, bir yeraltı maden ocağı havalandırma şebekesinin bilgisayar ortamında tasarlanması için Ventsim havalandırma programı kullanılmıştır. Havalandırma ölçümlerine ilişkin değerler, Eskişehir ili Mihaliççik ilçesinde bulunan Adularya Madencilik Enerji A.Ş.'ye ait yeraltı kömür madeninden alınmıştır. Bu veri seti kullanılarak havalandırma tasarımı yapılmış ve elde edilen sonuçlar gerçek değerlerle karşılaştırılmıştır. İşletmede ayaktan geçen hava miktarı  $33,5 \text{ m}^3/\text{sn}$  olarak belirlenmiş olup, hava giriş ve çıkış nefesliklerinde belirlenen hava hızları  $1,5 \text{ m/sn}$ 'dir. Püskürtme betonlu

havayolları için sürtünme faktörü  $0,0033 \text{ kg/m}^3$ , GI veya TH çelik tahkimatlı yollar için  $0,012 \text{ kg/m}^3$  alınmıştır. Ocağın eşdeğer direnci  $0,28102 \text{ Ns}^2/\text{m}^8$  olarak belirlenmiş olup, vantilatör yaklaşık %92 kapasitede çalıştırılmaktadır. Sonuç olarak, tasarım sonuçlarının gerçeğe yakın olduğu ve tasarımın başarılı olduğu, gerçek değerler ile tasarım sonuçlarının benzer olmasının kullanılan veri setinin güvenilir olduğunu gösterdiği, işletmenin bundan sonraki tasarımlarında bu veri setini kullanarak geleceğe yönelik güvenilir planlamalar yapabileceği belirtilmiştir.

Gyamfi (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, Konsuln (İsveç) madenin havalandırma sistemini iyileştirmek için Talep Üzerine Havalandırma (VOD: Ventilation on demand) sisteminin alternatif bir çözüm ve strateji olarak sunulması amaçlanmıştır. VOD sistemi sadece havalandırma gerektiren alanlara hava akışının sağlandığı bir konsepttir. Modellenen ve yeraltında ölçülen değerler arasındaki iyi korelasyon, modelin havalandırma planlaması için doğrulandığını ortaya koymuştur. VentSim simülasyon yazılımı kullanılarak hazırlanan bu model üzerinde dizel, akülü, ısı ve patlama simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Model, ayrıca, yıllık havalandırma gücü maliyetinin tahmininde de kullanılmıştır. Simülasyon sonuçları, çalışma alanlarına gerekli miktarda havanın sağlanmasıyla birlikte, dizel ve aküyle çalışan makinelerde sırasıyla yaklaşık %15,6 – %49,1 ve %76,4 – %86,7 oranında önemli maliyet tasarrufu elde edileceğini göstermiştir.

Kanam and Ahmed (2021) tarafından yapılan bir çalışmada; havalandırma sisteminin tasarımı ve optimizasyon yöntemleri üzerine daha önce yapılmış olan çalışmaların bir derlemesi yapılmıştır. Bu kapsamda; çeşitli yöntemlerle kaydedilen basınç, sıcaklık, akış hızı ve diğer etkilenen parametrelere dayalı sayısal denklemleri simüle etmek için kullanılan yazılım araçları üzerinde durulmuş, derinlik, fan konumu ve akış hızı gibi çeşitli parametrelere dayalı dinamik simülasyondaki esnekliği nedeniyle Ventsim yazılımının yaygın olarak kullanıldığı gözlemlenmiştir.

Karagianni and Benardos (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, bir yeraltı boksit ocağına ait karmaşık bir yeraltı havalandırma şebekesi Ventsim yazılımı kullanılarak ayrıntılı olarak modellenmiştir. Havalandırma şebekesi ve özellikleri yazılım aracılığıyla simüle edilmiş, ardından maden sahasında gerçekleştirilen hava akışı miktarı ve diğer verilere ilişkin gerçek ölçümlere göre kalibrasyonları ve doğrulamaları yapılmıştır. Oluşturulan modelin, gelecekteki maden genişletmesi için yeni havalandırma tasarımının temelini oluşturduğu belirtilmiş, yeni tasarımın optimizasyonuna yönelik öneriler ve özellikler ayrıntılı olarak sunulmuştur.

## 2.5 TÜRKİYE TAŞKÖMÜRÜ KURUMU'NDA HAVALANDIRMA ÇALIŞMALARI

Bu çalışmaya konu olan Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK), 1970'li yılların ikinci yarısından bu yana, kendisine bağlı kömür işletme müesseseleri ocaklarındaki havalandırma şebekelerini bilgisayar yardımıyla çözümlenmektedir. Bu süreç; Henningsen tarafından Fortran IV programlama dilinde yazılan ve o zamanki adıyla Ereğli Kömürleri İşletmesi Mekanik Muhasebe kısmında mevcut bulunan IBM 375/145 model bir bilgisayarda Üzülmez Bölgesi Asma-Dilaver Bölümüne uyarlayarak çalıştırılan bir havalandırma programıyla başlamıştır. İlerleyen yıllarda; Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) tarafından Japon teknik yardımı (Japan International Cooperation Agency - JICA) yoluyla temin edilen ve ilk yıllarda Microsoft Disk Operation System (MS-DOS) ortamında, sonraki yıllarda yapılan bir güncellemeyle Windows ortamında çalıştırılan Kazemaru Havalandırma Programı kullanılmış olup, günümüzde TTK'na bağlı 5 müessesenin havalandırma şebekelerinin modellenmesi Ventsim 3B Maden Havalandırma Simülasyonu Yazılımı yardımıyla sürdürülmektedir. Her bir müesseseye ait havalandırma şebekeleri ilgili birimler tarafından Ventsim programında modellenmiştir. Bu modeller ilgili birimlere sağlanan veriler doğrultusunda düzenli olarak güncellenmektedir. Türkiye Taşkömürü Kurumu müesseselerindeki ocakların havalandırılmasına yönelik yakın zamanlarda yayımlanan yayınlar aşağıda sıralanmaktadır.

Coşkun (1980) tarafından yapılan bir çalışmada, EKİ Kozlu bölgesinde yeni rezerv alanları bulunmadığı sürece havza üretimlerinin gün geçtikçe daha derin kotlarda, daha güç koşullarda ve daha yüksek maliyetlerle gerçekleşeceğini vurgulayarak derin yeraltı madencilğinde yetersiz hava ile üretimin düşünülmeeyeceği belirtilmiştir. Havalandırma sorunları karmaşıklaştığında el ile hesaplamanın yetersiz ve yüksek maliyetli olacağını belirtilerek hem doğruluk hem de maliyet açısından geleceğe dönük hesaplamaların yapılmasında sayısal bilgisayar ortamın önemi belirtilmiştir. Çalışmalar, Henningsten havalandırma programı kullanılarak yapılmıştır. Yapılan ölçüm, hesaplama ve değerlendirmelerin ardından her rekup lağımının üst kata taşa sürülecek nefesliklerle bağlanması gerektiği, hava kapıları ve diğer havalandırma tasarılarının ocakta fiilen uygulanmasından önce bilgisayar ortamında elverişliliklerinin saptanması gerektiği, ocak açıklık kesitlerinin mümkün olduğu kadar aynı boyutta tutulması gerektiği, kesit daralmasını önleyecek tedbirler alınması gerektiği, İncivez Pervanesi'nin daha güçlü bir pervane ile değiştirilmesinin mümkün olan en kısa zamanda gerçekleştirilmesi gerektiği önerilmiştir.

Polat ve Didari (2002) tarafından yapılan bir çalışmada, yeraltı madenciliğinde havalandırma problemlerinin çözüm yöntemlerini açıklayarak bilgisayar yardımıyla şebeke analizinin esaslarından bahsetmişlerdir. Program tanıtımının akabinde TTK Karadon Müessesesi'nce yerinde yapılan ölçümlerle elde edilen bilgiler temel alınarak Kilimli İşletmesi -540 Katının mevcut durum, orta ve uzun vadede havalandırma analizi yapılmıştır. Yapılan program analizi neticesinde, çok fazla sayıda kullanılmayan galeri açıklıkları ve kapıların toplam yük kayıplarının artmasına neden olduğu, birkaç kapı düzenlemesiyle emici pervanelerden birinin kapatılarak diğer pervaneye yönlendirilmesi durumunda verimin arttığı, orta vadede kullanılmayan galerinin sökülerek kapatılması, mümkün olduğunca dirençlerin azaltılması gibi önlemlerle emici vantilatörlerin kanat açılarının düşürülebileceği ve daha verimli çalışabilecekleri, şebeke analizinde derinlik-sıcaklık-nem ilişkisinin saptanması durumunda ocaklarda ısısız denge analizinin ve ileri dönük (derin kotlarda) havalandırma hesaplarının şimdiden planlı bir şekilde yapılmasının mümkün olabileceği, bu tür çalışmalarda paket programlardan yararlanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Cengiz ve Günay (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, TTK Kozlu İşletme Müessesesinde kullanılan tali pervanelerin performanslarını ortaya koymak için hem yeraltı hem de yerüstünde ölçümler yapılarak pervanelerin bastığı hava miktarlarının koşullara göre değişimi incelenmiştir. Yapılan çalışmada aynı tip pervane ve fantüp sisteminin yeraltında ve yerüstünde oluşturulan düzenekler ile performans değerleri ölçülmüştür. Elektrikli tali pervanelerin emdikleri ve arına taşıdıkları hava miktarı bakımından fabrika katalog değerleri ile yeraltında kuruldukları galeride sergiledikleri performanslar değerlendirilmiştir. Ayrıca TTK Genel Müdürlüğü Havalandırma Yönergesinin 54. Maddesinde belirtilen “Pervanelerin emdiği hava, kuruldukları yerdeki havanın %70’ini geçmeyecektir” hükmüne uygunlukları araştırılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda hava miktarının hava yoğunluğuna göre değişkenlik gösterdiği, aynı kapasitedeki pervanelerin yeraltı ve yerüstü karakteristiklerinin arasındaki farkın %38,7 olduğu, gerekli hava ihtiyacı belirlenerek seçilecek olan tali pervane gücünün bu farklılık dikkate alınarak seçilmesi gerektiği, mevcut pervanelerin kuruldukları koldaki hava miktarının %66’sını kullandıkları, fantüp uzunluğuna bağlı olarak kaçak akım miktarının arttığı belirtilmiştir. Tali pervanelerin katalog değerleri yerine kuruldukları koldaki gerçek performans değerlerinin alınması gerektiği, fantüp bağlantı elemanlarında kelepçe (çember) bağlantı kullanılması, dirseklerde spiral fantüp kullanılması, hasarlı fantüplerin tamir edilmesi veya değiştirilmesi, pervane-fantüp bağlantılarının sızdırmaz kelepçelerle tesis edilmesi ve tali pervane motorlarının galeri yüksekliğinin 1/3 seviyesine kurulması önerilmiştir.

## BÖLÜM 3

### KRTİM HAVALANDIRMA ŞEBEKESİNİN İNCELENMESİ

#### 3.1 KRTİM TANITIMI

##### 3.1.1 KRTİM Hakkında Genel Bilgiler

Zonguldak Taşkömürü Havzasında, üretim faaliyetleri 1848 yılında başlamış olup, günümüzde Türkiye Taşkömürü Kurumu bünyesinde Amasra, Armutçuk, Üzülmez, Kozlu ve Karadon bölgelerinde 5 ayrı işletme olarak hazırlık ve üretim faaliyetlerine devam edilmektedir. -1200 kotuna kadar tespit edilen 1.3 milyar ton jeolojik rezervin %31'ı Karadon Taşkömürü İşletme Müessesesi imtiyaz alanı içerisinde yer almaktadır. KRTİM yer bulduru haritası ve vaziyet planı Şekil 3.1'de verilmiştir (KRTİM 2023).

KRTİM; 1983 yılına kadar Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Ereğli Kömürleri İşletmesi Müessesesi'ne bağlı olarak Karadon, Kilimli ve Gelik olmak üzere 3 ayrı Bölge Müdürlüğü olarak faaliyetlerini sürdürmüştür. 1983 yılında gerçekleştirilen yeniden yapılanma çalışmaları neticesinde Ereğli Kömürleri İşletmesi Müessesesi, Türkiye Taşkömürü Kurumu olarak Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'na bağlı bir kurum statüsüne kavuşmuş, söz konusu yeniden yapılanma çalışmaları kapsamında Karadon ve Kilimli Bölge Müdürlükleri birleştirilerek Kilimli İşletme Müdürlüğüne dönüştürülmüş, Gelik Bölge Müdürlüğü ise Gelik İşletme Müdürlüğü haline getirilmiştir. Karadon Taşkömürü İşletme Müessesesi Zonguldak İli Kilimli İlçe sınırları içerisinde 66,7 km<sup>2</sup> imtiyaz alanı ve 115 km ocak açıklığı ile Gelik ve Kilimli olmak üzere iki ayrı üretim işletme müdürlüğünde üretim faaliyetlerini sürdürmektedir (URL-3).



**Şekil 3.1** Yer bulduru haritası ve vaziyet planı

2023 Haziran ayı sonu itibariyle 11 kadrolu, 86 teknik ve 91 idari olmak üzere 188 memur, 2122'si yeraltı, 327'si ise yerüstü olmak üzere 2449 işçi personel ile çalışmalarını sürdüren müessese, ocak açıklığı, personel sayısı ve üretim miktarı ile havzanın en büyük işletmesidir.

Müessesede toplam kurulu güç 65780 kW olup, bu güç mevcut ve uzun vade ihtiyacı karşılayabilecek kapasitededir.

KRTİM ocaklarında Gelik 75. Yıl Cumhuriyet Kuyusu (2004), Karadon Yeni Servis Kuyusu (KYSK-2006) ve 1 No.lu İhraç Kuyusu (2021) olmak üzere üç ayrı ihraç sistemi mevcuttur. KYSK ve Gelik Kuyularında Koepe sistemi ve vagon nakliyatı olup, 1 No.lu Kuyu ise Koepe sistemi ve skip nakliyatı olarak hizmet vermektedir. KYSK ve Gelik Kuyuları 12 Vagon/Saat ( $\approx 50$  ton/saat), 1 No.lu Kuyu ise 500 ton/saat kapasitelidir.

Yeraltında yapılan üretim tonluk ve 5 tonluk vagonlarla yeraltındaki silolara getirilmekte, bu silolardan bant nakliyatı ile ana ihraç kuyusundan dışarı alınarak Çatalağzı Lavvar tesislerine

gönderilmektedir. Ayrıca KYSK ve Gelik Kuyuları da ihtiyaca binaen kafes sistemi yardımı ile tonluk ve 5 tonluk vagonların ihracında kullanılmaktadır.

Müessese yeraltı faaliyetleri gereği açığa çıkan su, tulumbalar vasıtası ile yerüstüne atılmaktadır. Yıllık su drenajı ortalama 5.000.000 m<sup>3</sup>'tür.

### **3.1.2 Jeolojik Yapı ve Rezerv Durumu**

Müessese imtiyaz alanı içerisinde bulunan kömürler karbonifer dönemine ait kömürlerdir. Kömür içeren birimler gençten yaşlıya doğru, Westfalien BCD, Westfalien A, Namurien C ve Namurien A Formasyonlarına aittir. KRTİM Westfalien A Formasyonu kömür damarlarında üretim faaliyetlerini sürdürmektedir. Kömürlü birimler kuzey bölgelerde Barremien ve Apsiyen kalkerleri ile sınırlanmaktadır. Kratese yaşlı kalkerler Westfalien formasyonu üzerinde açılmal uyumsuzlukla konumlanmıştır.

Tektonizmanın etkisi ile Üzülmüş ve Karadon İşletmeleri arasında doğu-batı doğrultulu antiklinal ve senklinal oluşumu görülmektedir. Bu eksenlere yaklaşık dik doğrultularda kuzey batı-güney doğu doğrultulu ve yanal atımlı çok sayıda faylar ile irili ufaklı birçok blok meydana gelmiştir. Çalışma alanı içerisindeki yüksek atımlı faylar Çatalağzı Fayı, Curuşuğlu Fayı, Kuzey Fayı, Motris Fayı, K10 Fayı ve 1 No.lu Fay olarak isimlendirilmektedir.

KRTİM Kilimli İşletme Müdürlüğü Çatalağzı Fayı ile Motris fayı arasında ve antiklinalin kuzey kanadında üretim faaliyetlerini sürdürmektedir. Gelik İşletme Müdürlüğü ise önceki yıllarda ağırlıklı olarak 1 No.lu Fay güneyinde senklinal eksenine kadar olan kısımda çalışılmış olup günümüzde 1 No.lu Fay kuzeyinden Motris Fayı, K10 Fayı ve 1 No.lu Fay arasında kalan bloklarda üretim faaliyetlerini sürdürmektedir.

Müessesede 28 farklı kömür damarı mevcut olup damar kalınlıkları 0,50 m ile 6,00 m arasında değişiklik göstermektedir. Müessese üretimleri, ekonomik olması açısından genellikle 1,50 ve üstü kalınlıklardaki kömür damarlarında icra edilmektedir. Damar doğrultuları doğu-batı yönlü olup eğimler tektonizma bölgelerine bağlı olarak 25°-55° arasında değişkenlik göstermektedir. Kilimli İşletme Müdürlüğü batı panolarında eğimler 30° altında gözlemlenirken doğuya doğru ilerledikçe eğim artışı görülmektedir. Gelik İşletme Müdürlüğü'nün üretim panoları 45° üzerindedir.

2022 yılsonu itibari ile 202 milyon ton görünür, 159 milyon ton muhtemel, 117 milyon ton mümkün rezerv olmak üzere toplam 478 milyon ton rezerv hesaplanmıştır. 2022 yılı için 626.500 ton tüvenan, 375.000 ton satılabilir üretim hedeflenmiş olup, 537.705 ton tüvenan, 410.814 ton satılabilir taşkömürü üretimi gerçekleştirilmiştir. 2022 yılında günlük ortalama 2.150 ton tüvenan, 1.650 ton satılabilir kömür üretimi yapılmıştır (KRTİM 2023).

### **3.2 HAVALANDIRMA VE TOZLA MÜCADELE BİRİMİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER**

KRTİM üretim ocaklarının havalandırması, KRTİM Müessese Müdürüne bağlı olarak İş Sağlığı Güvenliği ve Eğitim Şube Müdürlüğü bünyesinde bulunan personel tarafından değerlendirilmekte ve yönlendirilmektedir. Şube Müdürlüğüne bağlı Kilimli İşletme Havalandırma ve Tozla Mücadele biriminde 1 Başmühendis, 1 Mühendis, 1 Nezaretçi, 2 Posta Başı ve 2 İşçi, Gelik İşletme Havalandırma ve Tozla Mücadele biriminde 1 Başmühendis, 1 Mühendis, 1 Nezaretçi, 2 Posta Başı ve 2 İşçi olmak üzere toplam 14 personel görev yapmaktadır.

Ocakların genel havalandırması için elzem konumda bulunan kollarda sabit hava istasyon tesisleri bulunmaktadır. Mevzuat gereği bu istasyonlarda 10 günlük periyotlarda, analog ve dijital anemometrelerle hava hızı (m/sn) ve galeri kesitleri (m<sup>2</sup>) yerinde ölçülerek istasyondan geçen hava miktarları hesaplanmaktadır. Eş zamanlı olarak ortamda bulunan gaz değerleri de ölçülmektedir. Ortam havasından alınan numunelerle patlayabilir toz ve solunabilir toz içerikleri de aylık periyotlarla izlenmektedir. Hava ölçüleri tüm istasyonlarla birlikte istasyon bulunmayan tüm kollar, tali havalandırılan arınlar, ayak girişleri ve ayak çıkışları gibi konumlarda da yapılarak kayıt altına alınmaktadır. Her ölçüden sonra raporlama yapılmakta ve bu rapor kurumun ilgili birimlerine sunulmaktadır.

KRTİM güncel ocak açıklıkları havalandırma simülasyon programı ile takip edilmektedir. Aktif hava hızı, yönü, miktarı, kollardaki dirençler vb. parametreler simülasyonda takip edilmekte olup, yerinde yapılan ölçülerde farklılık yaşanması durumunda gerekli müdahaleler yapılmaktadır. Tüm arın ilerlemeleri İşletme Plan Büroları tarafından haftalık olarak ölçülmekte, ve ilgili birim elamanlarınca simülasyon ortamına aktarılmaktadır.

Havalandırma sisteminde yapılması düşünülen değişiklikler simüle edilerek sonuçlar değerlendirilmekte, tasarlanan değişiklik yerinde uygulamalarla hayata geçirilmektedir. Bu çalışmalara ilave olarak Havalandırma ve Tozla Mücadele ekibi tarafından hava kapılarının tesisi, kontrolü, bakımı ve onarımı yapılmakta, pnömatik hava kapıları işletme müdürlüklerine bağlı elektromekanik servisleri tarafından kontrol edilmektedir.

### 3.3 HAVALANDIRMA ŞEBEKESİNİN MEVCUT DURUMU

KRTİM iki ayrı işletme olarak çalışıyor olmasına rağmen işletme çalışma alanları ocak açıklığı olarak birbiri ile bağlantılıdır. Müessese, 6 ayrı kat ve 115 km ocak açıklığında üretim faaliyetlerini sürdürmektedir. Tüm şebeke yatay, düşey ve eğik açıklıklarla birbiri ile irtibatlıdır. Kilimli İşletme Müdürlüğünde 4 üretim kartiyesi ile 1 hazırlık servisi, Gelik İşletme Müdürlüğünde 4 üretim kartiyesi ve 1 hazırlık servisi bulunmaktadır. Ayrıca Büyük Hazırlık Başmühendisliği bünyesinde kat hazırlıkları da yapılmaktadır.

3 ana emici fan ile havalandırılan şebekeye 5 ayrı noktadan temiz hava girişi sağlanmakta, uygun noktalara tesis edilen sabit dirençlerle tüm çalışma arınlarını dolaşarak ocak dışına atılmaktadır. 2023 Haziran ayı sonu itibari ile ocağa giren hava miktarları Çizelge 3.1’de, çıkan hava miktarları ile emici fanlara ait bilgiler Çizelge 3.2’de verilmektedir.

**Çizelge 3.1** Ocağa giren hava miktarları

Hava Girişi	Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)
Karadon Yeni Servis Kuyusu	5.357
1 No.lu Kuyu	1.550
Kilimli +50 Desandre	340
Gelik 75. Yıl Cumhuriyet Kuyusu	7.297
Gelik +140 Baca Ağızı	630
TOPLAM	15.174

**Çizelge 3.2** Ocaktan çıkan hava miktarları ve kullanılan emici fanlar

Hava Çıkışı	Fan Marka/Model	Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)
Kilimli Havalandırma Kuyusu	Bartec Varnost AVD-650-1-350	3.722
Karadon 52 Kuyusu	Joy MF-3280 Thru MF-3287	4.825
Gelik +140 Fanı	Howden Sirocco 2901-1413	7.056
TOPLAM		15.625

### 3.4 KATLARA GÖRE HAVA DAĞILIMI

Aktif üretim -460/-360/-260/-160 katları arasında yapılmakta olup -460 ve -540 katlarında hazırlık faaliyetleri sürdürülmektedir. -460 katın Kilimli kanadında 1 arın, Gelik kanadında 1 arın olmak üzere 2 arında kat hazırlık ilerlemeleri yapılmaktadır. -540 katında 1 arında tamir tarama ve göçük açma çalışması ile -540 Gelik kanadı kat hazırlık lağımı arınında çalışmalar devam etmektedir. Hazırlık arınları tali olarak havalandırılmaktadır.

#### 3.4.1 KYSK'dan Giren Hava

KYSK +50/-735 kotları arasında 6 m çapında dairesel kesitli kuyudur. -160, -360, -460 ve -540 kotlarında insetleri bulunmakta ve ilgili katlara hava girişi sağlanmaktadır. Kat girişlerinde bulunan istasyonlar, katlara giren hava miktarları ve KYSK'dan giren toplam hava miktarı Çizelge 3.3'te verilmiştir.

**Çizelge 3.3** KYSK'dan giren hava miktarları

Giriş Katı	İstasyon Numarası	Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)	Toplam (m <sup>3</sup> /dk)
-160 Katı	K161	661	661
-360 Katı	K377	1.132	2.110
	K381	978	
-460 Katı	K1469	811	2.158
	K1470	1.347	
-540 Katı	K511	428	428
TOPLAM			5.357

### 3.4.2 1 No.lu Kuyudan Giren Hava

1 No.lu Kuyu +50/-760 kotları arasında 6m çapında dairesel kesitli kuyudur. Geçmiş dönemlerde tüm katlarda bağlantısı bulunan kuyu, 2020 yılından tamamlanan derinleştirme projesi ile skip kuyu olarak tesis edilmiş ve tüm kat bağlantıları barajlanarak iptal edilmiştir. Mevcut durumda -540 kotunda insetleri bulunmakta ve ilgili kata hava girişi sağlanmaktadır. Kat girişinde bulunan istasyon, kata giren hava miktarları ve 1 No.lu Kuyu'dan giren toplam hava miktarı Çizelge 3.4'te verilmiştir.

**Çizelge 3.4** 1 No.lu Kuyu'dan giren hava miktarı

Giriş Katı	İstasyon Numarası	Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)	Toplam (m <sup>3</sup> /dk)
-540 Katı	K513	1.550	1.550
TOPLAM			1.550

### 3.4.3 Gelik Kuyudan Giren Hava

Gelik 75. Yıl Cumhuriyet Kuyusu +125/-660 kotları arasında 6m çapında dairesel kesitli kuyudur. -160, -260, -360, -460 ve -540 kotlarında insetleri bulunmakta ve ilgili katlara hava girişi sağlanmaktadır. Kat girişlerinde bulunan istasyonlar, katlara giren hava miktarları ve Gelik Kuyu'dan giren toplam hava miktarı Çizelge 3.5'te verilmiştir.

**Çizelge 3.5** Gelik Kuyu'dan giren hava miktarları

Giriş Katı	İstasyon Numarası	Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)	Toplam (m <sup>3</sup> /dk)
-160 Katı	G101	429	1.029
	G104	600	
-260 Katı	G201	675	1.065
	G211	390	
-360 Katı	G301	2.558	3.098
	G302	540	
-460 Katı	G401	756	1.452
	G402	696	
-540 Katı	G501	653	653
TOPLAM			7.297

### 3.4.4 +50 Baca Ağzından Giren Hava

+50 baca ağzı girişi B10 galeri kesitinde olup 35 m düz galeri girişini takip eden desandre ve galerilerle -160 katına inmekte, -160 katındaki bağlı olduğu koldan gelen hava ile birleşerek -260 katını beslemektedir. Bu giriş alternatif kaçış yolu olarak kullanılmaktadır. Bu koldan giren havayı temsil eden istasyon ve giren hava miktarı Çizelge 3.6'da verilmiştir.

**Çizelge 3.6** +50 baca ağzından giren hava miktarı

Giriş Katı	İstasyon Numarası	Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)	Toplam (m <sup>3</sup> /dk)
+50 Baca Ağzı	K1	340	340
TOPLAM			340

### 3.4.5 +140 Baca Ağzından Giren Hava

+140 baca ağzı girişi B10 galeri kesitinde olup düz galeri girişini takip eden desandre ve galerilerle +20 ve -50 katına inmekte, -50 katındaki kirli hava ile birleşerek 44 bürden +140 fan galerisine ulaşmaktadır. Bu giriş alternatif kaçış yolu olarak kullanılmaktadır. Kısa devre olarak güzergahı tamamlayan hava alternatif kaçış güzergahını beslemekte, üretim alanlarına ulaşmamaktadır. +140 baca ağzından giren havayı temsil eden istasyon ve giren hava miktarı Çizelge 3.7'de verilmiştir.

**Çizelge 3.7** +140 baca ağzından giren hava miktarı

Giriş Katı	İstasyon Numarası	Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)	Toplam (m <sup>3</sup> /dk)
+140 Baca Ağzı	G1	630	630
TOPLAM			630

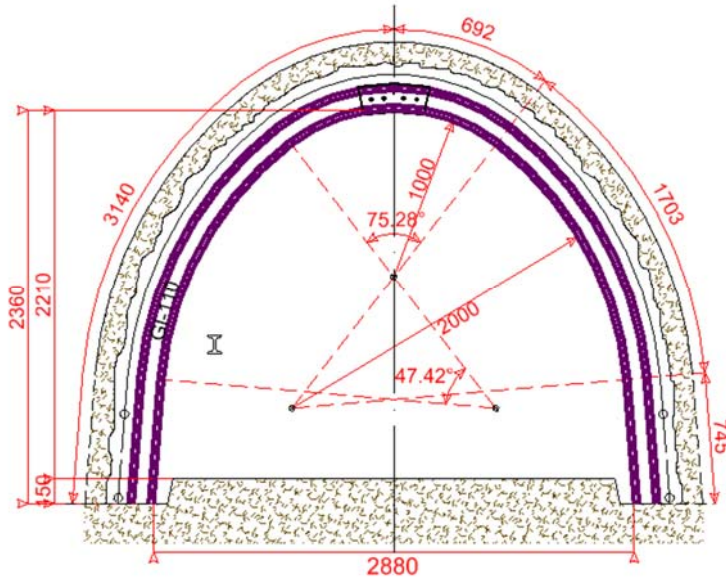
## 3.5 HAVA ÖLÇÜM İSTASYONLARI

Kilimli İşletme Müdürlüğü çalışma alanında 81, Gelik İşletme Müdürlüğü çalışma alanında 85 olmak üzere toplam 166 istasyonda mevzuat gereği 10 günlük periyotlarla hava ölçümleri yapılmaktadır. Bu istasyonlarda istasyonun bulunduğu konumun kesiti (m<sup>2</sup>), hava hızı (m/sn), CH<sub>4</sub> (%), CO (ppm), H<sub>2</sub>S (ppm), nem (%) ve sıcaklık (°C) değerleri ölçülmekte ve istasyon

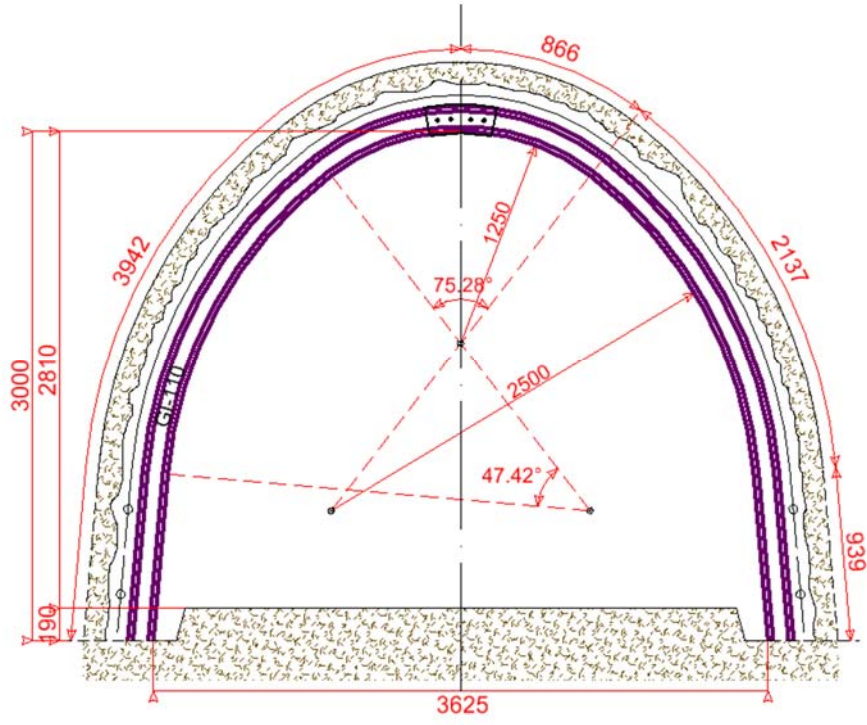
bölgesine yakında konumda bulunması muhtemel en fazla kişi sayısı göz önünde bulundurularak kişi başına düşen hava miktarları değerlendirilmektedir.

### 3.6 OCAK AÇIKLIKLARININ KESİTLERİ

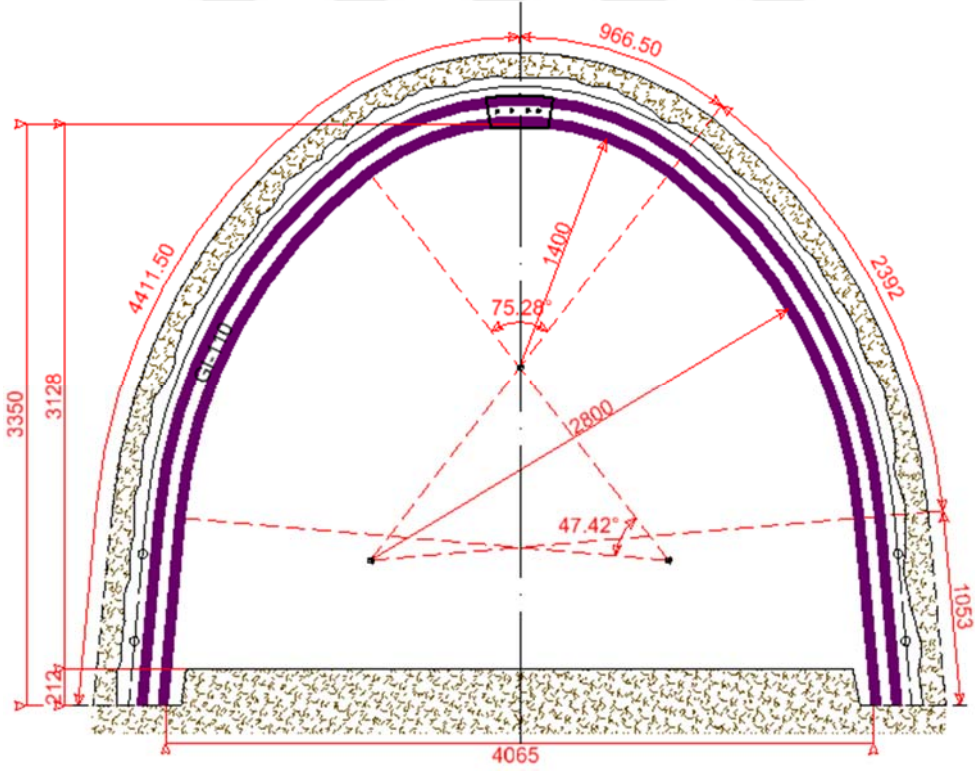
Türkiye Taşkömürü Kurumu bünyesinde bulunan tüm ocaklarda kurum tarafından belirlenen tip kesitlere göre açıklıklar oluşturulmaktadır. Kesit alanlarına göre adlandırılmış B5, B8, B10, B12, B14, B18 ve B24 kesitleri galeri, desandre ve taban yollarında kullanılırken, ayak ve bacalarda kömür kalınlığına bağlı olarak değişkenlik gösteren trapez kesitler kullanılmaktadır. Ana yollarda kullanılan tip kesitlerin geometrileri ve ölçüleri Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4, Şekil 3.5, Şekil 3.6 ve Şekil 3.7’de verilmiştir.



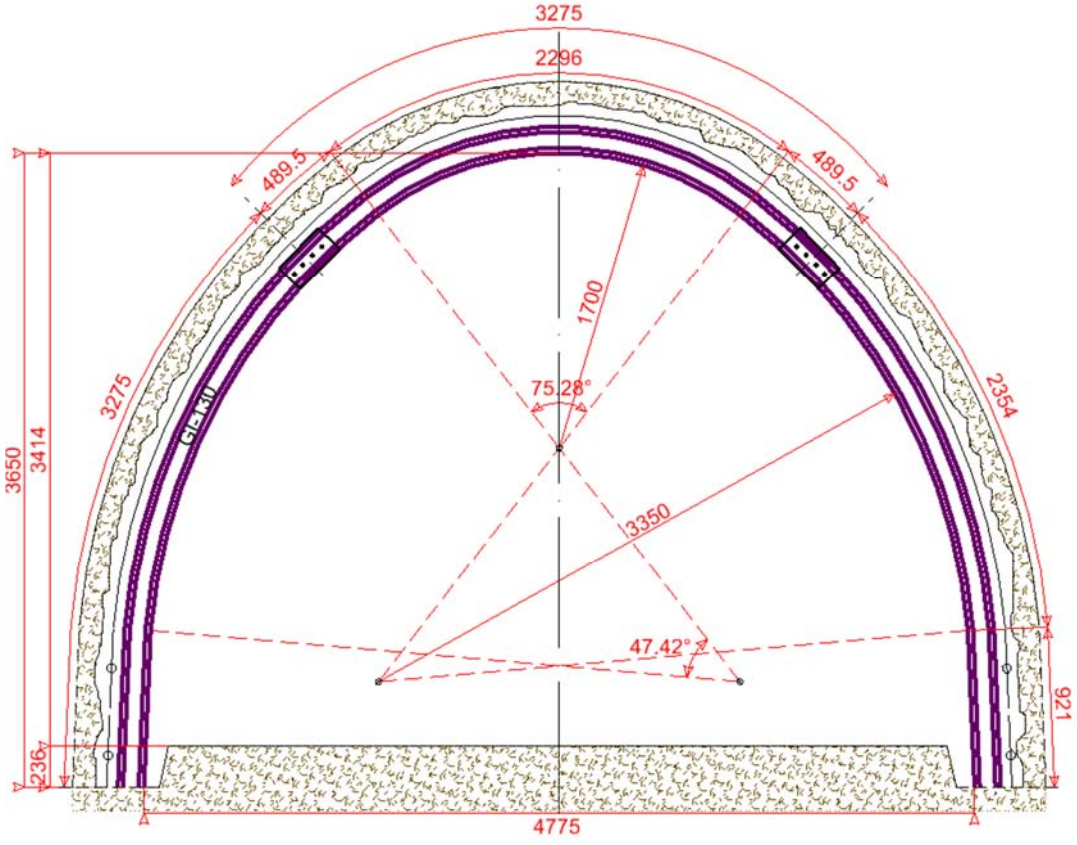
Şekil 3.2 B5 tip kesit profili



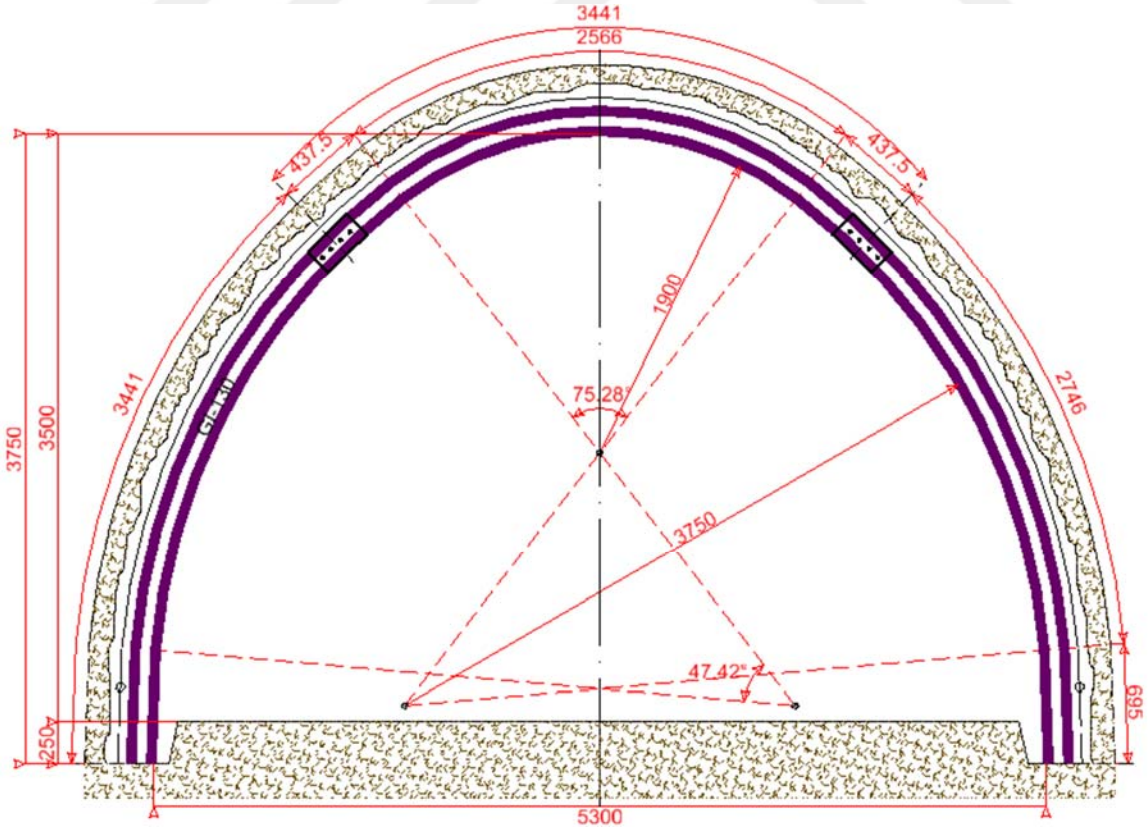
Şekil 3.3 B8 tip kesit profili



Şekil 3.4 B10 tip kesit profili

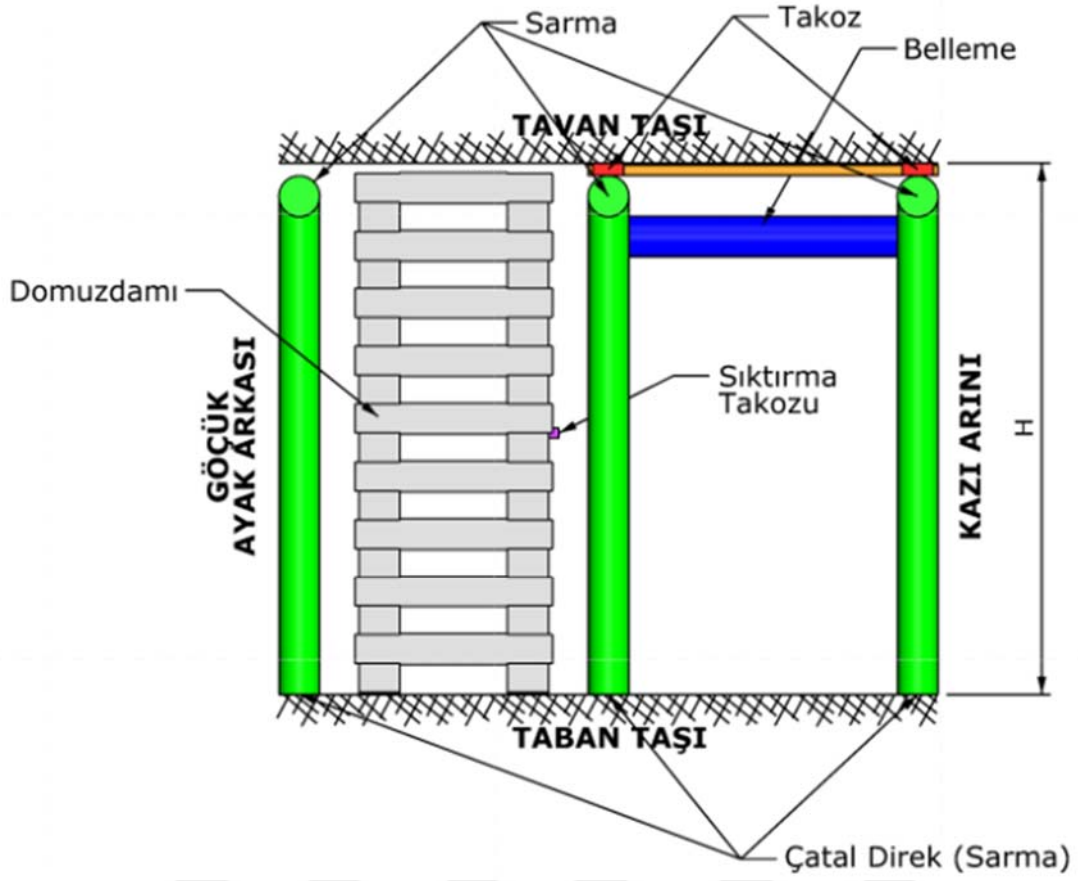


Şekil 3.5 B12 tip kesit profili



Şekil 3.6 B14 tip kesit profili

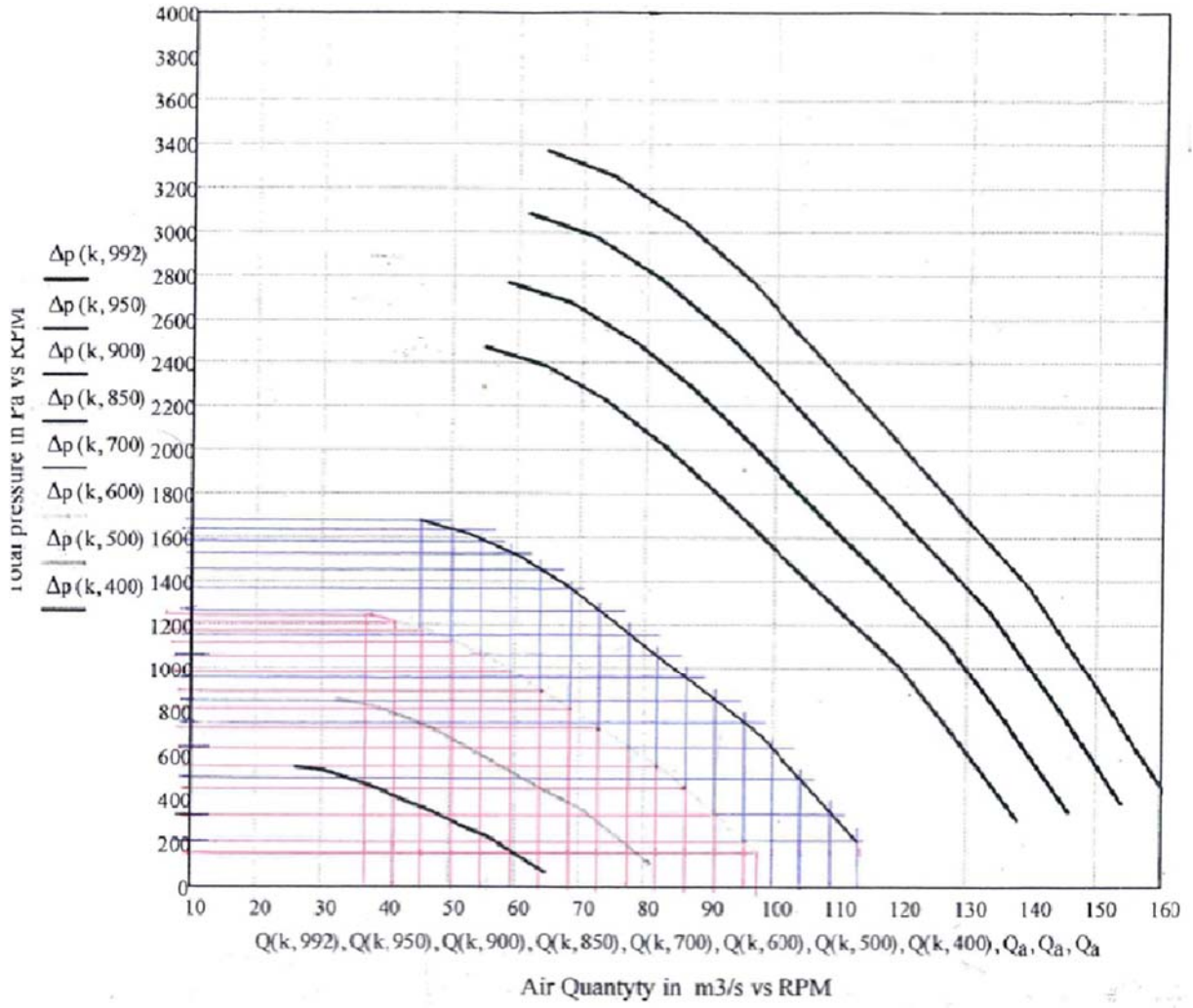




Şekil 3.9 Ayak kesiti

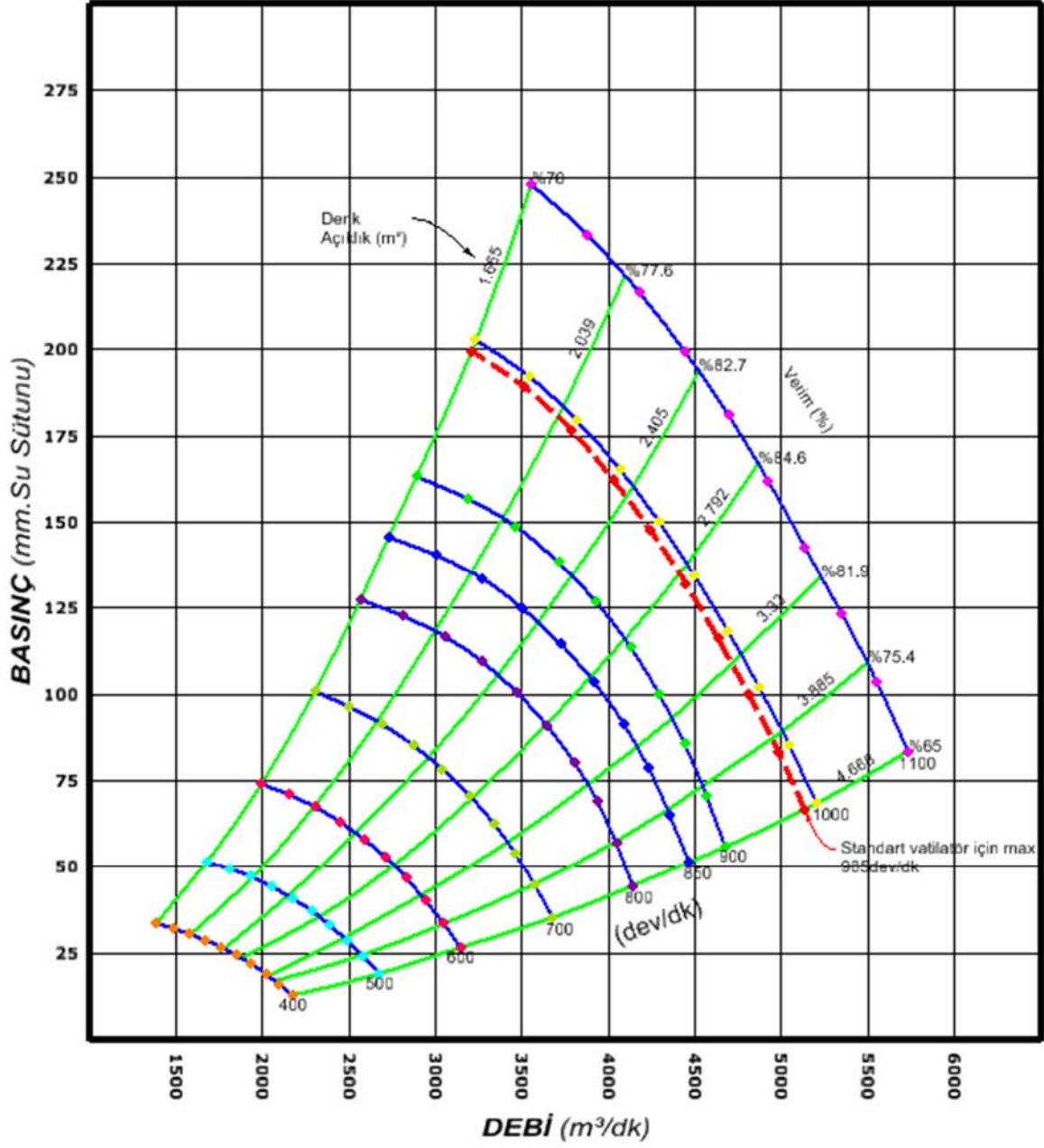
### 3.7 FANLAR, TALİ PERVANELER VE FANTÜP ÇEŞİTLERİ

KRTİM ocaklarına Kilimli Havalandırma Kuyusu, Karadon 52 Kuyu ve Gelik +140 Fan olmak üzere 3 ayrı noktadan hava emişi sağlanmaktadır. Kilimli Havalandırma Kuyusu Bartec Varnost marka, AVD-650-1-350 model fan olup, minimum 1.560 m<sup>2</sup>/dk, maksimum 9.600 m<sup>2</sup>/dk hava emiş kapasitesi aralığında çalışabilmektedir. Kilimli Havalandırma Kuyusunda çalışan fana ait karakteristik eğri grafiği Şekil 3.10'da verilmiştir.



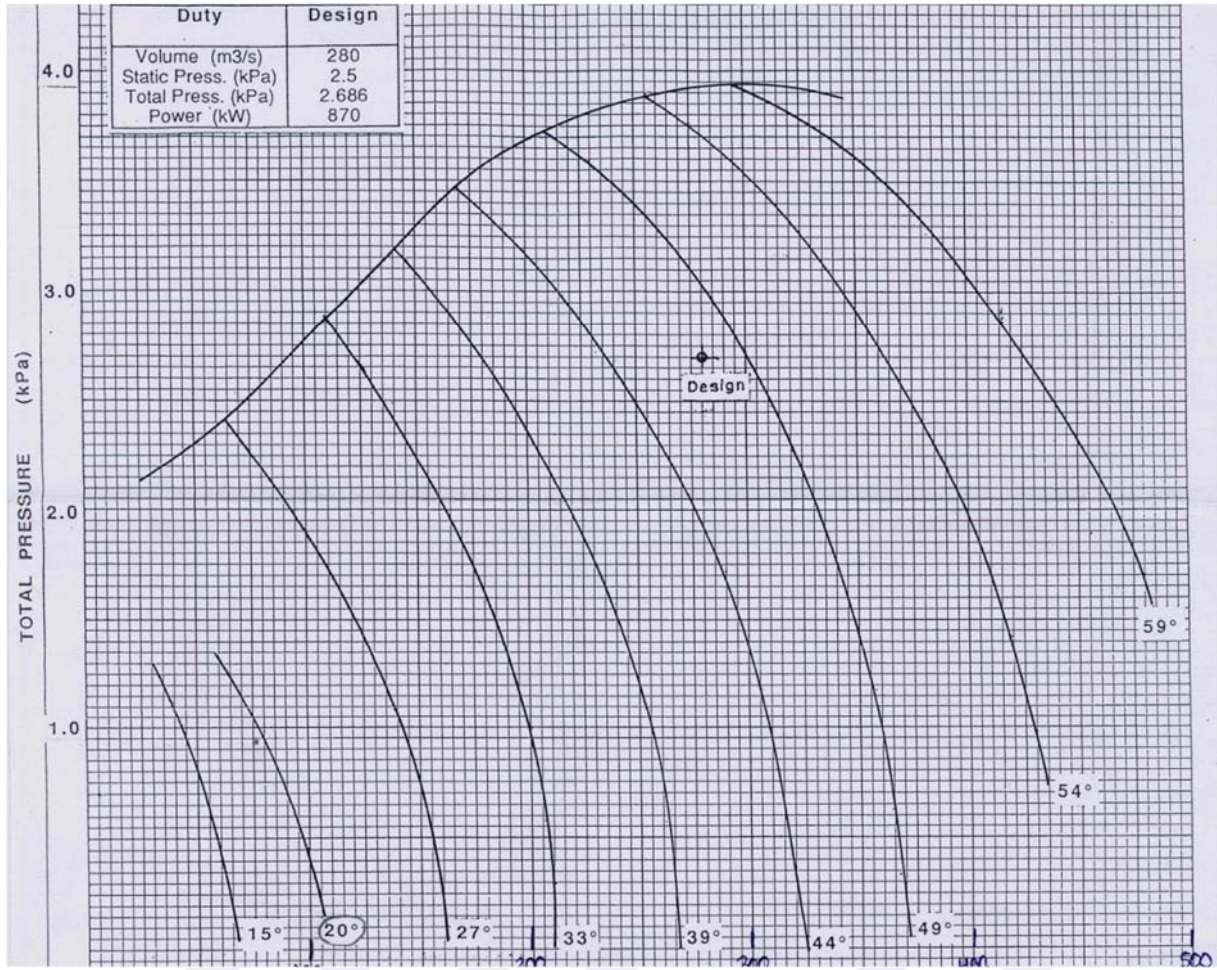
**Şekil 3.10** Kilimli Havalandırma Kuyusu fanına ait karakteristik eğri grafiği

Karadon 52 Kuyusunda çalışan fan Joy marka, MF-3280 Thru MF-3287 model bir fan olup, 5 farklı kanat açısı değerlerine sahiptir. Minimum 800 m<sup>2</sup>/dk, maksimum 11.500 m<sup>2</sup>/dk hava emiş kapasitesi aralığında çalışabilmektedir. Karadon 52 Kuyuda çalışan fana ait karakteristik eğri grafiği Şekil 3.11’de verilmiştir.



Şekil 3.11 Karadon 52 Kuyusu fanına ait karakteristik eğri grafiği

Gelik +140 fanı Howden marka, Sirocco marka 2901-1413 model fan olup, 15°-59° arasında kanat açıklık ayarlaması yapılabilmektedir. Bu fan minimum 1.800 m³/dk, maksimum 29.000 m³/dk hava emiş kapasitesi aralığında çalışabilmektedir. Gelik +140 fana ait karakteristik eğri grafiği Şekil 3.12’de verilmiştir.



**Şekil 3.12** Gelik +140 fanına ait karakteristik eğri grafiği

Ocakların tali havalandırmasında arınlarda ihtiyaç duyulan hava miktarını sağlayabilecek nitelikte Teknima ve Varnost marka tali pervanelerden uygun güçte olanlar belirlenerek kurulumları yapılmaktadır. Bu pervaneler elektrikli olup sistemde basınçlı hava ile çalışan pervaneler de kullanılmaktadır. Elektrikli pervanelerde 60'lık fantüp boruları, stimli pervanelerde ise 40'lık fantüp boruları kullanılmaktadır. Fantüp ek mesafeleri 15m'dir. Stimli pervaneler ise 3 ATÜ basınçla çalışmaktadır. Elektrikli pervane konumları, güçleri, markaları ve havalandırdıkları arın bilgileri, Çizelge 3.8'de, stimli pervane bilgileri ise Çizelge 3.9'da verilmiştir.

**Çizelge 3.8** Elektrikli pervane bilgileri

Pervanenin Yeri	Güç	Marka	Havalandırdığı Yer
-260 42315 Karadon (Vd 21)	15 kW	Teknima	-260 42315 Akalın Taban
-360 42406 Karadon (Vd 19)	30 kW	Varnost	-360 42420 Akdağ Taban
-360 42419 Karadon (Vd 18)	15 kW	Varnost	-360 42419 Akdağ Batı Taban
-360 42456 Karadon (Vd 27)	11 kW	Varnost	-360 42456 Akalın Taban
-360 51100 Kilimli (Vd 33)	30 kW	Varnost	-360 51100 Tv Acılık Baş Kılavuz
-360 51100 Kilimli (Vd 10)	30 kW	Teknima	-360 51100 Tv Acılık Ayak Baş Baca
-360 51109 Kilimli (Vd 23 )	15 kW	Varnost	-360 51109 Çay Taban
-460 42506 Karadon (Vd 03)	15 kW	Varnost	-460 42506 Taşbaca Abşyk+Akdağ Taban
-460 51510 Kilimli (Vd 07)	30 kW	Teknima	-460 51516 Tb. Acılık Anabaşyukarı
-460 51510 Kilimli (Vd 29)	30 kW	Varnost	-460 51516 Sulu Taban
-460 51516 Kilimli (Vd 12)	30 kW	Varnost	-460 51516 Etüd Lağımı
-460 51516 Kilimli (Vd 04)	30 kW	Varnost	-460 51516 Batı Çay Ayak Önü Baca
-460 51508 Kilimli (Vd 05)	30 kW	Varnost	-460 51508 Kurul Baş Kılavuz Baca
-460 51510 Kilimli (Vd 14)	15 kW	Varnost	-460 51508 Kurul Dip Kılavuz Baca
-540 42605 Karadon (Vd 16)	50 kW	Varnost	-540 42607 Kuzey Lağımı (Etüd)
-260 41305 Lağımı	30 kW	Varnost	41305 D.Sulu Taban
-260 41300 Lağımı	30 kW	Varnost	41307 1.Ocak N.Oğlu Ayak Önü
-260 41300 Lağımı	40 kW	Varnost	41307 1.Ocak Acılık Taban
-260 41305 Lağımı	7.5 kW	Varnost	Akülü Garaj
-360 41405 Lağımı	30 kW	Varnost	41405 3.Ocak Sulu Ayak
-360 41415 Lağımı	7.5 kW	Varnost	3.Ocak D. Kurul Ayak Önü Baca
-360 41407 Lağımı	30 kW	Varnost	2.Ocak Acılık Ayakönü
-360 41407 Lağımı	30 kW	Varnost	1.Ocak Sulu Ana Başyukarı
-360 41407 Lağımı	7.5 kW	Varnost	41407 Çay Taban
-460 42505 Lağımı	30 kW	Varnost	4. Kartiye Sulu Anabaşyukarı
-460 42505 Lağımı	30 kW	Varnost	4. Kartiye Hacımemiş Taban
-460 42505 Lağımı	15 kW	Varnost	41510 Kollektör Lağımı

**Çizelge 3.9** Stimli pervane bilgileri

Bulunduğu Yer	Havalandırdığı Arın
-260/42321 Akdağ Ayak (Vs 08)	-260/42321 Akdağ Tb (Hazırlık)
-360/42400 Lağımı (Vs 01)	-360/42400 Çatalağzı Baraj
-360/42419 Lağımı (Vs 10 )	-360/42419 03 No.lu Orta Akdağ Kapalı Ybb
-360/51108 Tv Acılık Ayak (Vs 02 )	-360/51108 Tv Acılık Ayak Baş Baca
-460/42506 Lağımı (Vs )	-460/42506 Domuzcu Piçi Eski Taban
-460/42506 Akdağ Taban (Vs )	-460/42506 Akdağ Ayak Önü Baca
-460/51516 Sulu Ayak Orta Kılavuz (Vs 20 )	-360/460/51108/51516 Sulu Ayak Baş Kılavuz
-460/51516 Lağımı (Vs 16)	-360/460/51516 Tv Acılık Dip Kılavuz
-460/51516 Lağımı (Vs 04)	-460/Çay Doğu Taban
-460/51516 Lağımı (Vs 09)	-460/51516 Doğu Acılık Taban
-460/42508 Lağımı (Vs 06)	-460/42508 Akalın Taban
-460/42506 Lağımı (Vs 19)	-460/42506 Akdağ Ayak İçi Dip Kılavuz
-460/ Kuyu Dibi (Vs 03)	-720/640 Kuyu Dibi

### Çizelge 3.9 (devam ediyor)

-540/ Kuyu Dibi (Vs 07)	-600 Kuyu Dibi
-260 41314 Lağımı	Kömür Tumbası
-260 41315 Lağımı	Doğu Kurul Taban
-360 41407 Acılık İrtibat	41407 Acılık Taban
-540 Kuyu Dibi	Kuyu Dibi

### 3.8 HAVA KAPILARI

Üretim ve hazırlıkların yapıldığı alanlar ile nakliyat ve kaçış güzergahlarının tamamına yeterli miktarda hava sağlanabilmesi maksadı ile kat girişlerine ve dolaşımı sağlayabilecek konumlara konuşlandırılmış 125 adet hava kapısı mevcuttur. Hava kapıları kuyu giriş ve çıkışları ile ana nakliyat yollarında pnömatik kapı, diğer kesimlerde ahşap kapı olarak tesis edilmektedir. Pnömatik hava kapıları basınçlı hava şebekesinden beslenmekte ve kapı önünde ve arkasında bulunan kollar vasıtası ile otomatik olarak açılıp kapanabilmektedir. Hava kapılarının ölçüleri belirli bir standartta olmayıp tesis edilecekleri konum kesatine ve nakliyat durumuna göre inşaa edilmektedir. Nakliyat yollarında tesis edilen hava kapılarında tonluk ve 5 tonluk vagon geçişi ve ayrıca insan geçiş yolu bulunmaktadır.

## BÖLÜM 4

### KRTİM HAVALANDIRMA ŞEBEKESİNİN VENTSİM'DE MODELLENMESİ

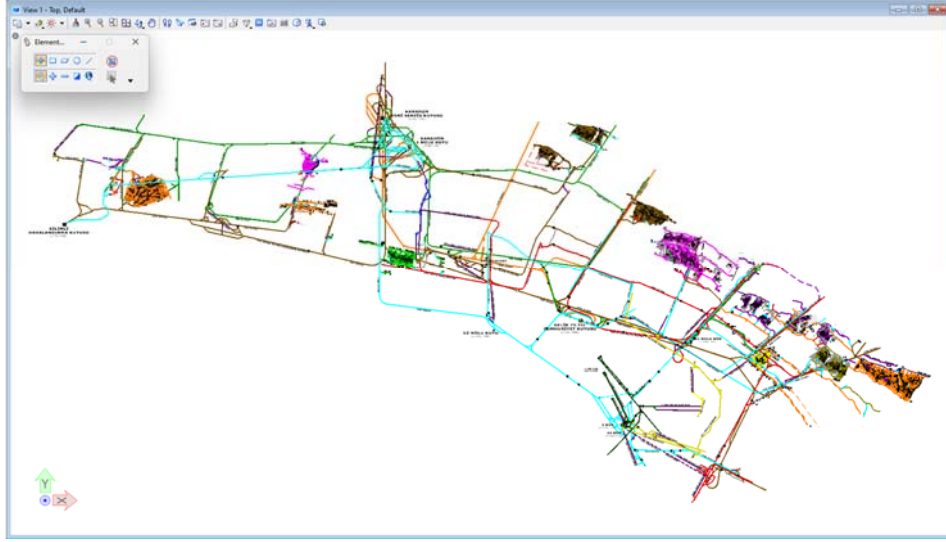
#### 4.1 VENTSİM PROGRAMINDA YAPILAN ÖN ÇALIŞMALAR

KRTİM yeraltı şebekesinin modellenmesi çalışmasındaki aşamalar aşağıda sıralanmıştır (Bardız ve Çakır 2022):

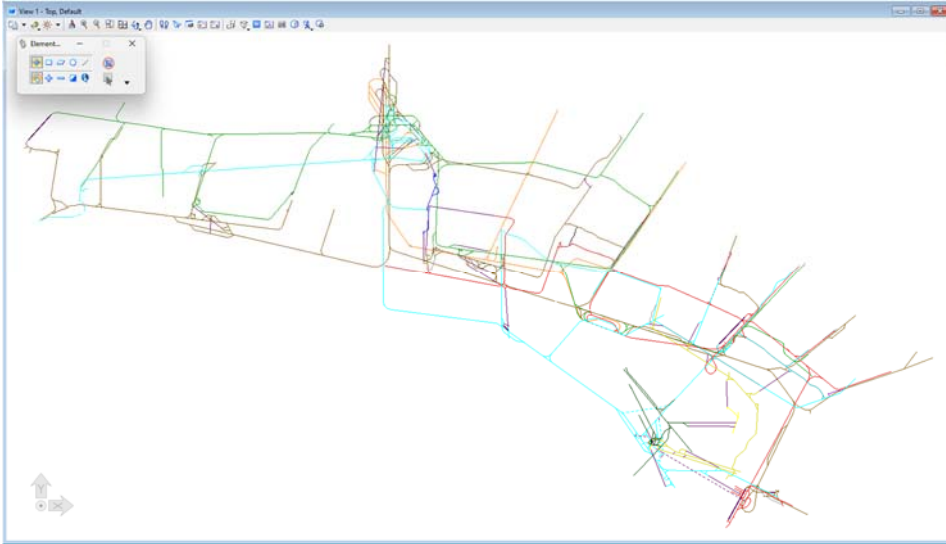
- Bilgisayar destekli tasarım ve çizim teknolojisi (CAD) ortamında altlık hazırlanması
- Altlığın simülasyon ortamına aktarımı
- Hava giriş ve çıkış noktalarının tanımlanması
- Hata iletilerinin giderilmesi
- Ocak açıklık kesitlerinin tanımlanması
- Fan ve tali pervanelerin karakteristik eğrilerinin tanımlanması
- İlave direnç kaynaklarının havalandırma şebekesine işlenmesi

##### 4.1.1 CAD Ortamında Altlık Hazırlanması

KARTİM ocak ilerlemeleri haftalık periyotlarda ölçülmekte ve sayısal ortama aktarılmaktadır. Simülasyon programına ocağın gerçek konum ve kot değerlerinde işlenmesi aşaması oldukça zahmetli olması dolayısı ile CAD ortamından aktarım yöntemi uygulanmıştır (Bardız ve Çakır 2022). CAD ortamındaki veriler süzgeçlenerek simüasyonda algılanabilecek nitelikte eksen çizgilerine dönüştürülmüştür (Şekil 4.1, Şekil 4.2).



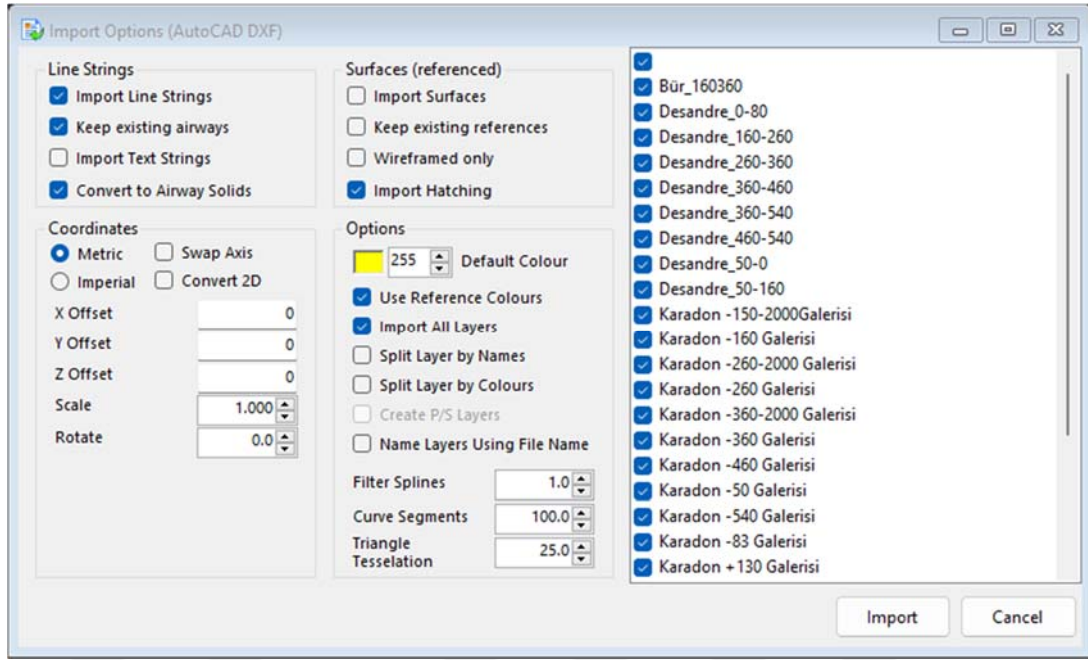
**Şekil 4.1** CAD ortamında bulunan mevcut veri



**Şekil 4.2** CAD ortamında süzgeçlenerek hazırlanan veri

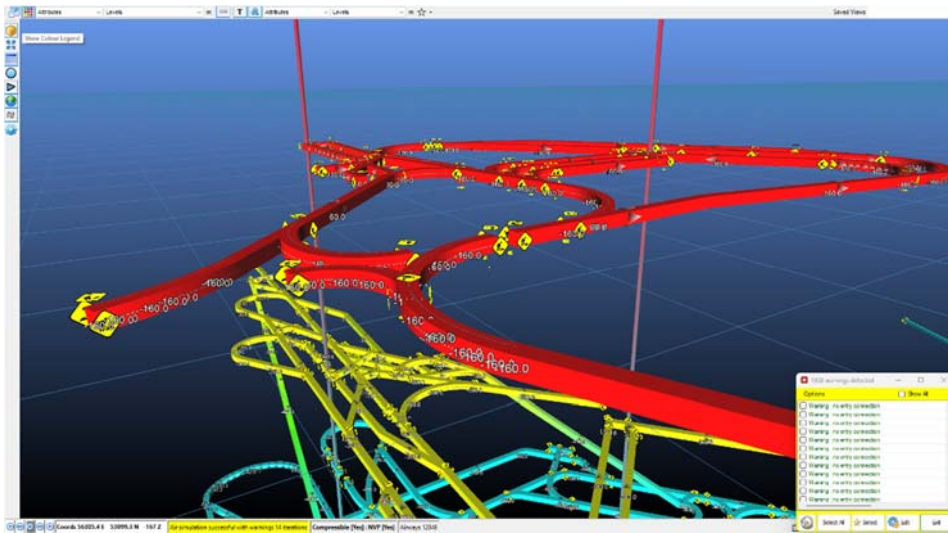
#### 4.1.2 Altlığın Ventsim'e Aktarımı

TTK Maden Bilgi Sistemi adı altında Microstation Tasarım programı ile takip işlemleri yapılan bilgiler, plan bürolarından temin edilerek eksen çizgileri simülasyon ortamına aktarılmıştır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Eksen çizgilerinin Ventsim'e aktarımı

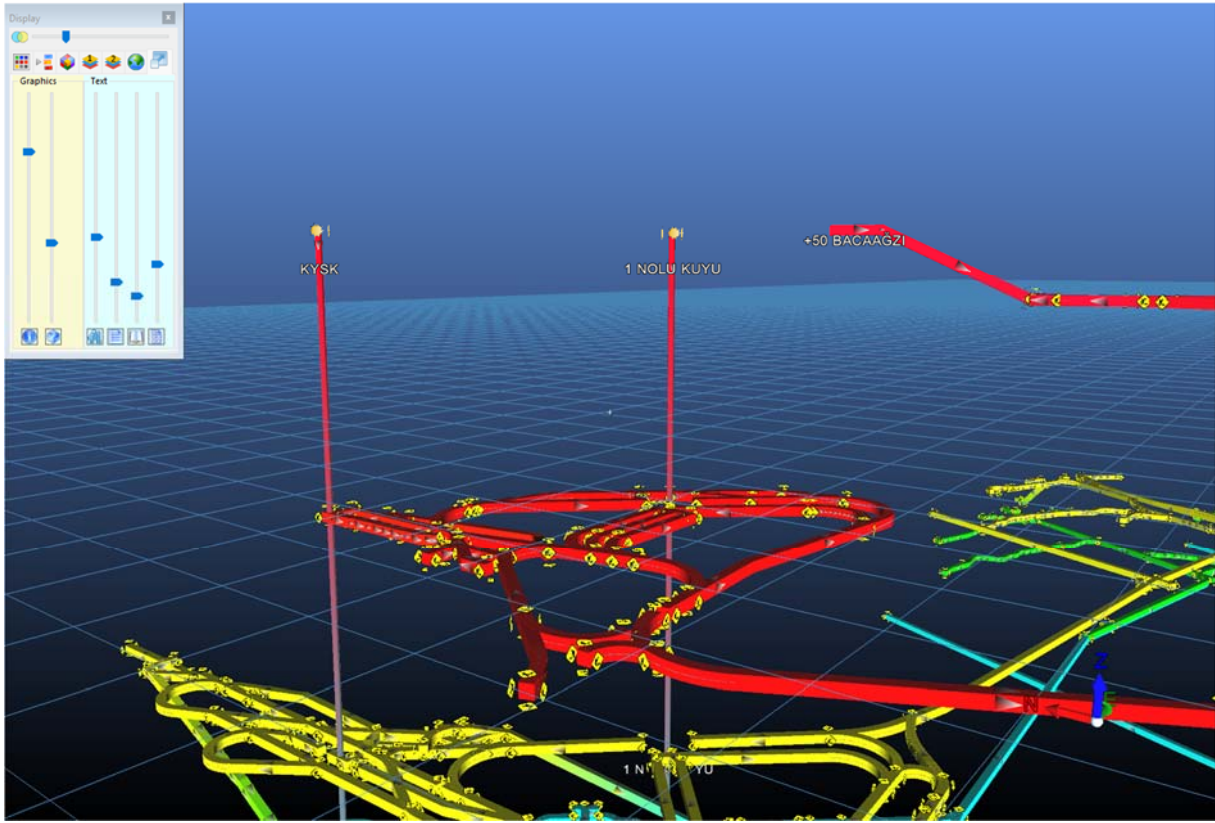
İlk aktarımda 5x5 m kare kesitli yaklaşık 12.900 adet kolda yaklaşık 1.900 noktada bağlantı hatası iletisi alınmıştır. Bağlantı hata iletisinin sebebi olarak; CAD çalışma ortamındaki birim hassasiyeti ile simülasyon çalışma ortamındaki birim hassasiyetinin farklı olması ve CAD tasarımında kavşak noktalarındaki birleşim hatalarından kaynaklandığı tespit edilmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Aktarımdan elde edilen sonuç

### 4.1.3 Hava Giriş ve Çıkış Noktalarının Tanımlanması

Yüzeyle bağlantısı olan 5 ayrı hava giriş noktası ile birlikte emici fanların bağlı olduğu 3 ayrı hava çıkış noktasının olduğu kollar simülasyon ortamına 'surface' olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.5).



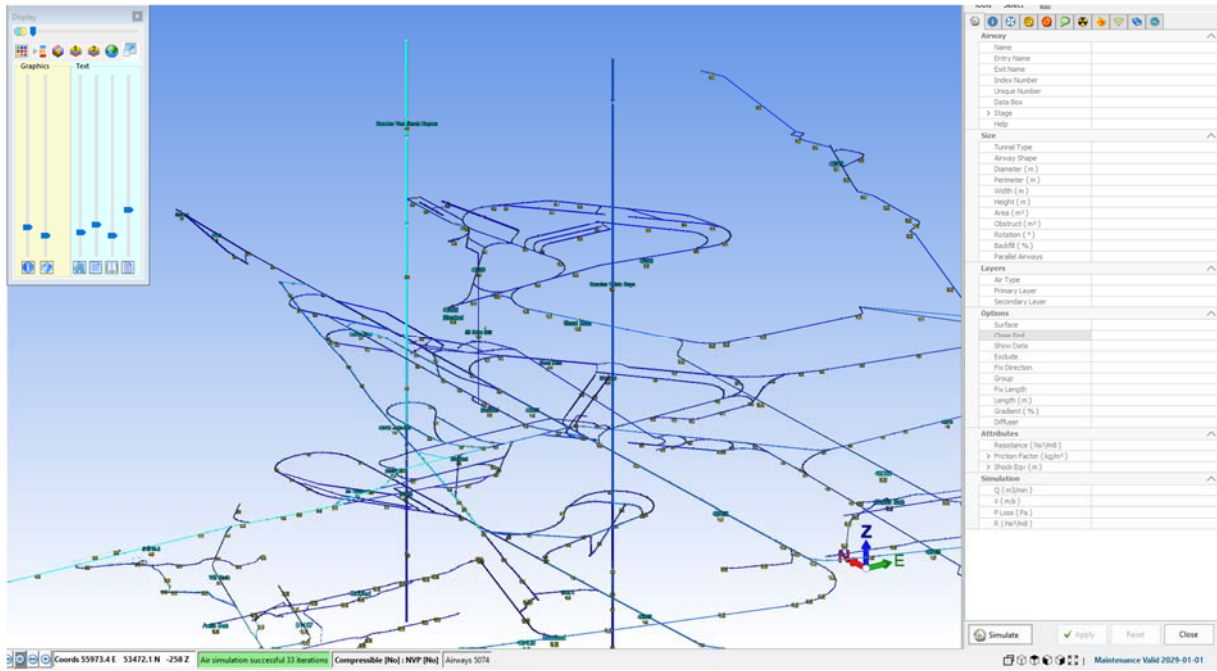
Şekil 4.5 Yüzeyle bağlantı noktalarının tanımlanması

### 4.1.4 Hata İletilerinin Giderilmesi

TTK Maden Bilgi Sistemi tasarım ortamında birim hassasiyeti 4 hane olarak kullanılmaktadır. Simülasyon ortamı birim hassasiyet 1 hanedir. Birimlerdeki cm bazlı farklılıklardan dolayı simülasyon ortamı kolları birbirine bağlı olarak görmemektedir. Bunun dışında tasarım ortamında kavşak noktalarındaki eksen çizgilerinin birbirini kesmemesi gibi durumlarda da simülasyon ortamı kolları bağlı olarak tanımlanamamaktadır. Ayrıca altlık olarak kullanılan CAD dosyasındaki kurplar yay veya eğri olarak tanımlanmışsa, simülasyon gereğinden fazla kol olarak algılanmaktadır. Örneğin 40 m yarıçaplı ve yay olarak tanımlanmış bir akrosaj galerisi simülasyon ortamına aktarıldığında her 1m'ye 1 kol olacak şekilde görülmektedir. Bu da

verinin yoğunlaşmasına ve kollarındaki sonuç değerlerin oldukça karmaşık olarak görüntülenmesine sebep olmaktadır.

Hata iletisi alınan tüm kollar manuel olarak düzeltilebildiği gibi, birim hassasiyetinin eşitlenmesi ve kavşak noktalarının birleştirilerek oluşturulacak yeni bir altlıkla tüm hata iletileri tek seferde giderilebilir. Yay ve eğri olarak tanımlanan kollar çizgi objesine dönüştürülerek yeni bir altlık oluşturulmuş ve simülasyon ortamında gereksiz fazla kol oluşumu engellenerek veri işlenebilir pozisyona getirilmiştir (Şekil 4.6).

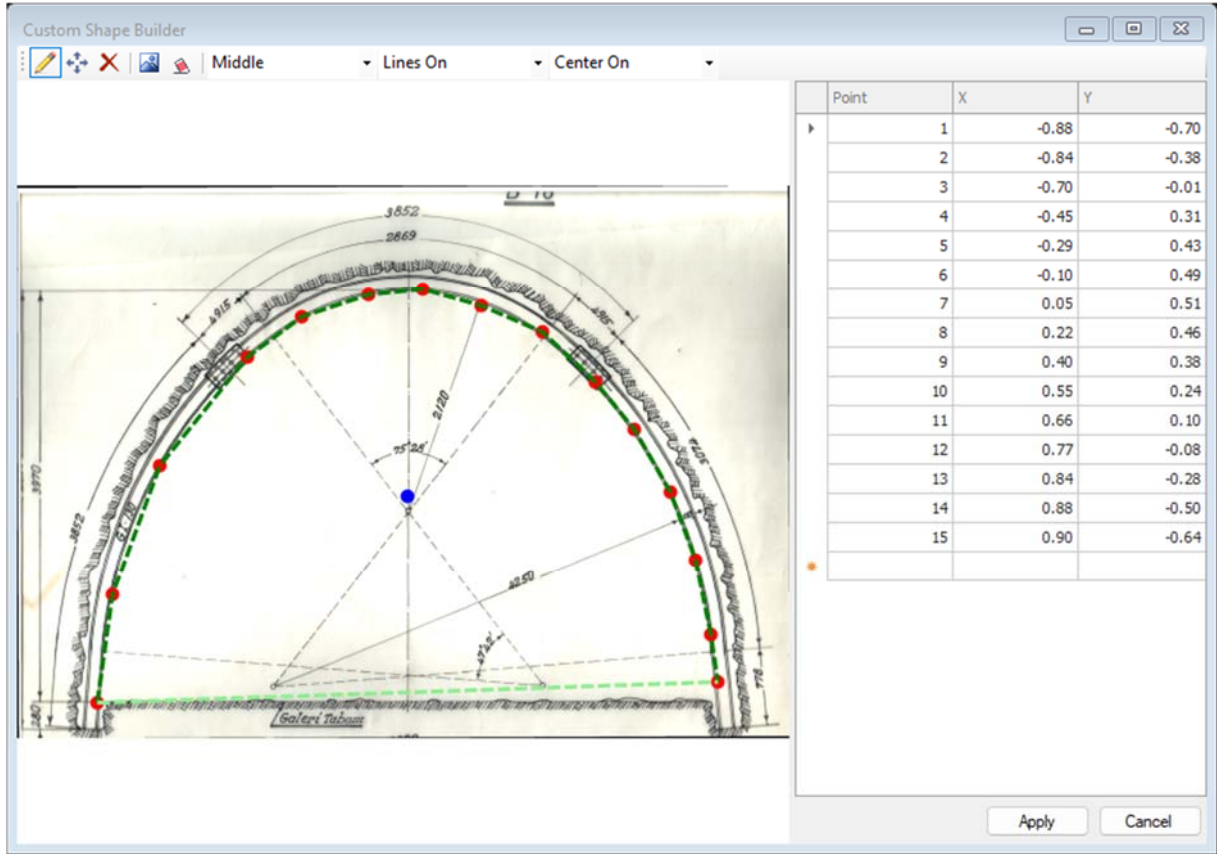


Şekil 4.6 İşlenebilir hale getirilen veri

#### 4.1.5 Ocak Açıklıklarının Kesitlerinin Tanımlanması

Simülasyon programı öz ayarlarında, içe aktarılan her bir obje 5x5 m ölçülerinde kare kesit olarak algılanmaktadır. Simülasyondan elde edilecek verilerin doğruya en yakın olabilmesi için sayısal ortamın fiili açıklıklara en yakın şekilde modellenmesi gerekmektedir. Hava yönü, hızı ve miktarını etkileyen en önemli parametrelerden biri açıklıkların kesit alanlarıdır. Bu bağlamda en yakın modeli elde etmek için ilk aşamada tip kesitler sayısallaştırılmıştır.

Bu amaçla öncelikle ölçekli olarak hazırlanmış galeri kesitleri dijital resim formatına (.jpg, .png vb.) dönüştürülmüştür. Settings/Preset/Tunnel Profiles menüsü yardımı ile Ventsim'e yüklenen bu kesit üzerinde noktalama yöntemi ile üzerinde çalışılan galeri kesitinin profili tanımlanmış ve bu işlem KRTİM'de kullanılmakta olan tüm tip kesitler için ayrı ayrı işlenmiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 Galeri profillerinin tanımlanması

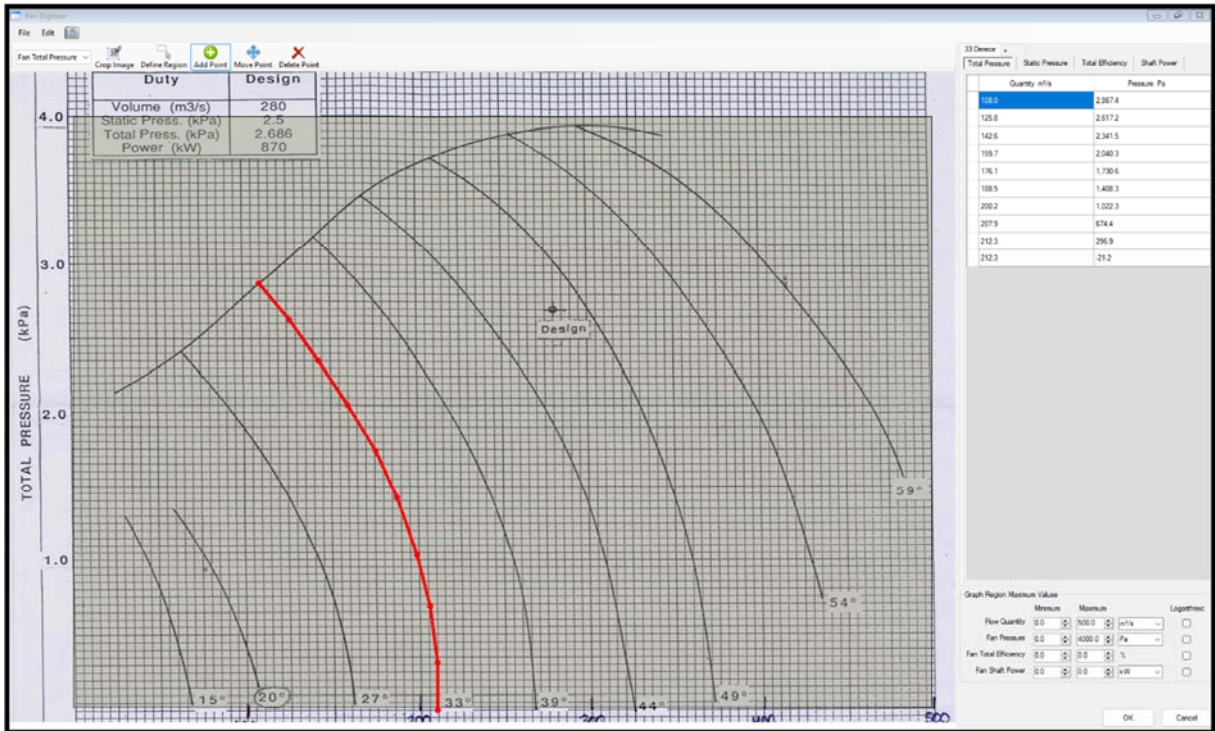
Bir sonraki aşamada Settings/Preset/Tunnel Types menüsü yardımı ile profili tanımlanan galeri kesitinin taban genişliği ve yükseklik değerleri kullanılarak üzerinde çalışılan galeri profili gerçek boyutları ile işlenmiştir (Şekil 4.8).

# in use (total all stages)	Airway	Diameter m	Width m	Height m	Perimeter m	Area m <sup>2</sup>	Profile	Friction Factor Type	Min Velocity m/s	Max Velocity m/s	Rock Perimeter Overide m
	Custom						Square	Auto			
	B18		6	3.93			B18	Auto			

Şekil 4.8 Galeri profilinin boyutlandırılması

#### 4.1.6 Fan ve Tali Pervanelerin Karakteristik Eğrilerinin Tanımlanması

KRTİM havalandırma şebekesinde kullanılan emici fanlar ve tali pervanelere ait karakteristik eğriler Tools/Fans menüsü yardımı ile Ventsim'e tanıtılmıştır. Bu işlem için galeri kesitlerinde olduğu gibi dijital resim formatına dönüştürülen karakteristik eğriler noktalama yöntemi ile tanımlanmıştır (Şekil 4.9). Bu işlem tüm fanlar için her bir kanat açısı değerleri ile tali pervanelere ait karakteristik eğri verileri aynı yöntemle ortama aktarılmıştır.



Şekil 4.9 Fan karakteristik eğrilerinin tanımlanması

#### 4.1.7 İlave Direnç Kaynaklarının Havalandırma Şebekesine İşlenmesi

Açıklıklar içerisinde sabit halde bulunan bant, kafes, trafo, silo ağzı vb. hava akışına karşı direnç oluşturabilecek nitelikteki tüm yapılar yerinde tespitlerle ölçülerek faydalı kesitten düşürülmüştür. Ayrıca ocak içerisinde tavan alçalması ve taban kabarması gibi nedenlerle orijinal kesitini kaybeden ocak kesimleri yerinde ölçülmüş ve bu kesit değişimi nedeni ile havalandırma şebekesinde ilave dirence neden olan durumlar Ventsim'de hazırlanan model üzerine işlenmiştir.

#### **4.1.8 Hava İstasyon Verilerinin Ventlog Modülü Yardımıyla İşlenmesi**

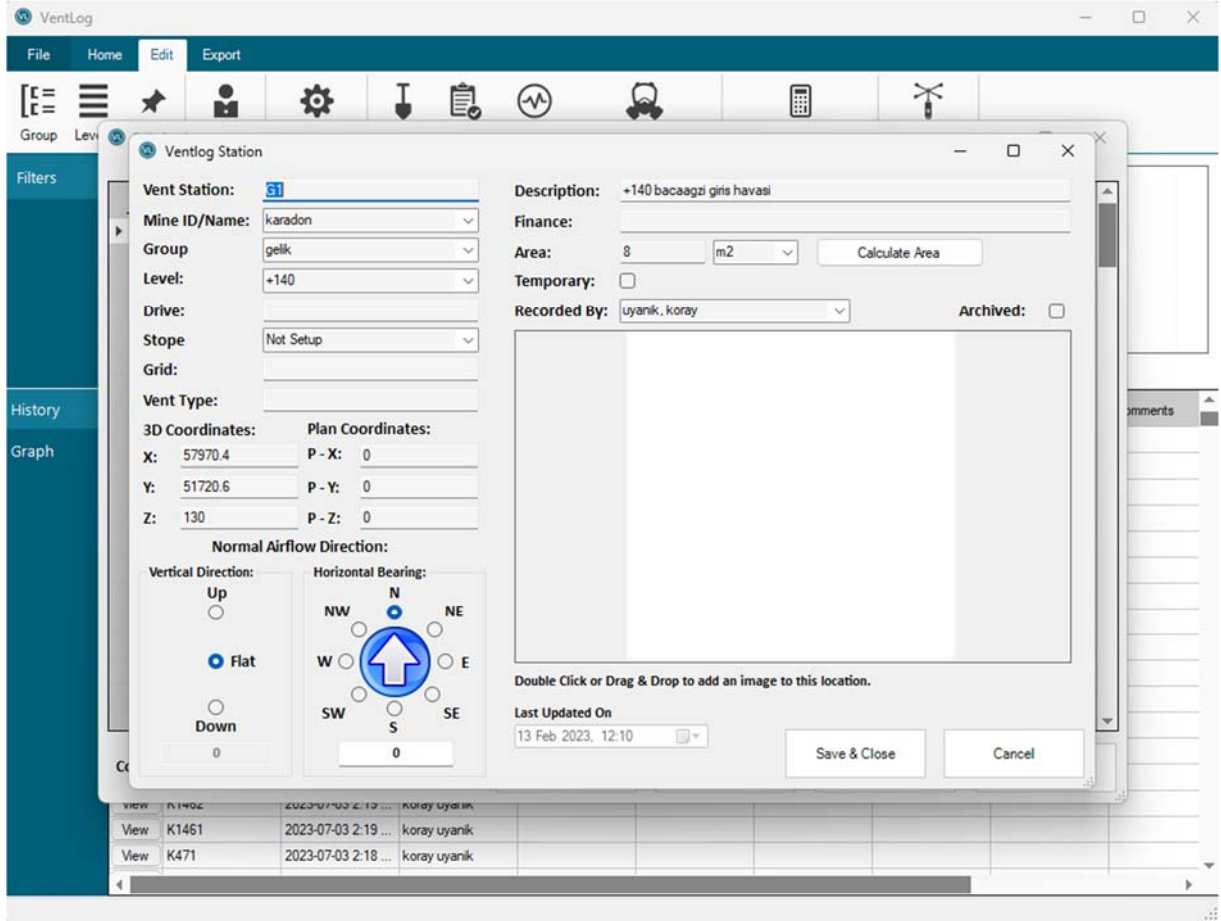
Hava ölçüm istasyonlarındaki güncel ölçü verileri, Ventlog modülünde hazırlanan veritabanına işlenmiştir. Bu işlem sırasıyla;

- İstasyon noktalarının tanımlanması ve öznitelik verilerinin işlenmesi
- İstasyon konumlarının Ventsim’le ilişkilendirilmesi
- İstasyonda alınan ölçü verilerinin işlenmesi

aşamaları izlenerek tamamlanmıştır.

#### **4.1.9 İstasyon Noktalarının Tanımlanması ve Öznitelik Verilerinin İşlenmesi**

KRTİM tarafından sistematik olarak belirlenen istasyon numaraları, istasyon bölgesi, dahil olduğu grup, bulunduğu kat, tanımlama bilgisi, istasyon kesit alanı ve ölçü yapan personel adı gibi verileri içeren öznitelik bilgileri her bir istasyon için ayrı ayrı tanımlanmıştır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10 İstasyon öznitelik verilerinin tanımlanması

#### 4.1.10 İstasyon Konumlarının Ventsim’le İlişkilendirilmesi

Öznitelik bilgileri Ventlog modülünde işlenen her bir istasyon, bulunduğu kol üzerine Ventsim’de işaretlenerek veritabanı ile bağlantısı sağlanmıştır (Şekil 4.11).



Veritabanı kaydı olarak işlenen ve konumlarıyla ilişkilendirilen bu istasyon verileri Ventsim ortamında interaktif olarak görüntülenebilmektedir. Yapılacak olan simülasyon sonucunda her Ventsim ortamında elde edilen sonuç değerler (hava hızı, hava miktarı vb.) ile yerinde ölçülen değerler karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

## 4.2 VENTSIM'DE SİMÜLASYON VE KARŞILAŞTIRMA ÇALIŞMALARI

Ventsim ortamında hazırlanan model üzerinde, tüm koldan geçen hava yönleri kontrol edilerek akışın doğruluğu teyit edilmiştir. Veritabanına işlenen ölçü değerleri ile hava giriş ve çıkış istasyonlarındaki sayısal model sonuç değerleri incelenerek karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmada kabul edilebilir sınırın değeri üzerindeki farklılıklar incelenerek sebepleri araştırılmış ve ocak içerisinde direnç oluşturan tüm tesisler tekrar gözden geçirilerek düzenlemeler yapılmıştır. Elde edilen sonuç modelde kabul edilebilir sınır değerinin üzerinde bir farka rastlanmamıştır.

### 4.2.1 Hava Girişleri

KRTİM havalandırma şebekesindeki güncel hava giriş verileri ile Ventsim'de hazırlanan modelden elde edilen sonuç verileri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

**Çizelge 4.1** Giriş havalarının karşılaştırılması

Hava Girişi	Ölçülen Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)	Modeldeki Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)	Fark (Model-Ölçü)	Fark (%)
Karadon Yeni Servis Kuyusu	5.357	5.457	100	1,9
1 No.lu Kuyu	1.550	1.616	66	4,3
Kilimli +50 Desandre	340	337	-3	0,9
Gelik 75. Yıl Cumhuriyet Kuyusu	7.297	7.448	151	2,1
Gelik +140 Baca Ağzı	630	636	6	1,0
TOPLAM	15.174	15.494	320	2,1

### 4.2.2 Havanın Katlara Göre Dağılımı

5 ayrı giriş noktasından sağlanan havanın katlara göre dağılımı ve pano üretim alanlarındaki hava dağılımı model üzerinden incelenerek karşılaştırmaları yapılmıştır.

#### 4.2.2.1 KYSK'dan Giren Hava

KYSK'dan giren hava giriş verileri ile Ventsim'de hazırlanan modelden elde edilen sonuç veriler Çizelge 4.2'de verilmiştir.

**Çizelge 4.2** KYSK'dan giren hava miktarları

Giriş Katı	İstasyon Numarası	Ölçülen Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)	Modeldeki Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)	Fark (Model-Ölçü)	Fark (%)
-160 Katı	K161	661	647	-14	2,1
-360 Katı	K377	1.132	1.171	39	3,4
	K381	978	1.008	30	3,1
-460 Katı	K1469	811	828	17	2,1
	K1470	1.347	1.371	24	1,8
-540 Katı	K511	428	433	5	1,2
TOPLAM		5.357	5.458	101	1.9

#### 4.2.2.2 1 No.lu Kuyudan Giren Hava

1 No.lu Kuyu'dan giren hava giriş verileri ile Ventsim'de hazırlanan modelden elde edilen sonuç veriler Çizelge 4.3'de verilmiştir.

**Çizelge 4.3** 1 No.lu Kuyu'dan giren hava miktarı

Giriş Katı	İstasyon Numarası	Ölçülen Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)	Modeldeki Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)	Fark (Model-Ölçü)	Fark (%)
-540 Katı	K513	1.550	1.616	66	1,5
TOPLAM		1.550	1.616	66	1,5

#### 4.2.2.3 Gelik Kuyudan Giren Hava

Gelik 75. Yıl Cumhuriyet Kuyusu'dan giren hava giriş verileri ile Ventsim'de hazırlanan modelden elde edilen sonuç veriler Çizelge 4.4'de verilmiştir.

**Çizelge 4.4** Gelik Kuyu'dan giren hava miktarları

Giriş Katı	İstasyon Numarası	Ölçülen Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)	Modeldeki Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)	Fark (Model-Ölçü)	Fark (%)
-160 Katı	G101	429	449	20	4,7
	G104	600	616	16	2,7
-260 Katı	G201	675	699	24	3,6
	G211	390	403	13	3,3
-360 Katı	G301	2.558	2.621	63	2,5
	G302	540	544	4	0,7
-460 Katı	G401	756	763	7	0,9
	G402	696	705	9	1,3
-540 Katı	G501	653	647	-6	0,9
TOPLAM		7.297	7.447	150	1.5

#### 4.2.2.4 +50 Baca Ağzından Giren Hava

+50 baca ağzından giren hava giriş verileri ile Ventsim'de hazırlanan modelden elde edilen sonuç veriler Çizelge 4.5'te verilmiştir.

**Çizelge 4.5** +50 baca ağzından giren hava miktarı

Giriş Katı	İstasyon Numarası	Ölçülen Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)	Modeldeki Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)	Fark (Model-Ölçü)	Fark (%)
+50 Baca Ağzı	K1	340	337	-3	0,9
TOPLAM		340	337	-3	0,9

#### 4.2.2.5 +140 Baca Ağzından Giren Hava

+140 baca ağzından giren hava giriş verileri ile Ventsim'de hazırlanan modelden elde edilen sonuç veriler Çizelge 4.6'da verilmiştir.

**Çizelge 4.6** +140 baca ağzından giren hava miktarı

Giriş Katı	İstasyon Numarası	Ölçülen Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)	Modeldeki Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)	Fark (Model-Ölçü)	Fark (%)
+140 Baca Ağzı	G1	630	636	6	1,0
TOPLAM		630	636	6	1,0

### 4.2.3 Pano Üretim Alanlarındaki Hava

Pano üretim alanlarına giren hava giriş verileri ile Ventsim’de hazırlanan modelden elde edilen sonuç veriler Çizelge 4.7’de verilmiştir.

**Çizelge 4.7** Pano üretim alanlarındaki hava miktarları

Pano Adı	İstasyon Numarası	Ölçülen Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)	Modeldeki Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)	Fark (Model-Ölçü)	Fark (%)
51516 -460/-360 Acılık Batı Ayak	K1467	619	569	-50	8,1
51516 -460/-360 Sulu Batı Ayak	K1466	480	465	-15	3,1
51516 -460/-360 Çay Batı Ayak	K1468	609	612	3	0,5
51508 -460 Kurul Batı Ayak	K1463	381	345	-36	9,4
42416 -360/-260 Akalın Doğu Ayak	K262	381	349	-32	8,4
42506 -460/-360 Akdağ Doğu Ayak	K379	400	347	-53	13,3
42419 -360/-260 Akdağ Doğu Ayak	K378	309	297	-12	3,9
41415 -360/-260 Kurul Doğu Ayak	G206	288	294	6	2,1
41315 -260/-150 Hacımemiş Doğu	G115	504	577	73	14,5
41405 -360/-260 Sulu Doğu Ayak	G309	450	423	-27	6,0
41407 -360/-260 Acılık Doğu Ayak	G217	413	390	-23	5,6
41506 -460/-360 Gökcan Batı Ayak	G315	495	426	-69	13,9

## BÖLÜM 5

### KRTİM HAVALANDIRMA ŞEBEKESİ İÇİN BİR TASARIM ÖNERİSİ

Yapılan tasarımda, Karadon 52 Kuyu'ya bağlı fanın devre dışı bırakılarak elektrik sarfiyatına bağlı maliyetin ortadan kaldırılması, fanın bulunduğu karo sahasının bakımı, güvenliği, kuyu bakımı ve bunlara bağlı olarak işçiliklerin azaltılması, Gelik ve Kilimli İşletme Müdürlüklerinin havalandırma sistemini müstakil hale getirilmesi hedeflenmiştir.

Mevcut durumda 3 ayrı fan ile havalandırılan ocak için Ventsim ortamında hazırlanan modelin karşılaştırmalı değerleri incelendiğinde, hava giriş ve çıkış noktalarında bulunan istasyon ölçü değerleri ile simülasyon değerleri arasındaki farkların kabul edilebilir sınır değerler içerisinde kaldığı görülmüştür. Bu aşamada iken sistem üzerinde tasarım amaçlı yapılacak değişikliklerin doğru olacağı kabul edilmiştir. Karadon 52 Kuyu'da bulunan fan kapatıldığında elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- Karadon 52 No.lu kuyudan ocağa 2.885 m<sup>3</sup>/dk hava girişi sağlanmıştır.
- KYSK'dan giren hava 3.700 m<sup>3</sup>/dk kadar azalmıştır.
- 1 No.lu Kuyu'dan giren hava yaklaşık 1.200 m<sup>3</sup>/dk azalmıştır.
- Gelik 75. Yıl Cumhuriyet Kuyusu'ndan giren hava yaklaşık 2.500 m<sup>3</sup>/dk azalmıştır.
- +50 baca ağzından giren hava yaklaşık 250 m<sup>3</sup>/dk azalmıştır.
- +140 baca ağzından giren hava yaklaşık 150 m<sup>3</sup>/dk azalmıştır.
- Kilimli kanadında bulunun kollarda ve panolarda ciddi oranlarda değişiklik meydana gelmemiştir.

- Karadon bölgesinde bir çok kolda hava miktarı ve yönü değişmiştir,
- Hava Çin Bürlerinden üst kotlara çıkması gerekirken alt kotlara yönelmiştir.
- Karadon bölgesinde bulunan panoların ve nefesliklerin tümünde hava ters yöne dönmüştür.
- Gelik bölgesinde bulunan kollarda ve panolarda ciddi oranda değişiklik meydana gelmemiştir.

Bu durumda ocak havalandırma sisteminin çok yüksek oranda olumsuz yönde etkilendiği ve ocak için tehlikeli bir durum ortaya çıktığı açıktır.

Bu olumsuzlukların ortadan kaldırılması amacıyla tasarıma birçok müdahalelerde bulunulmuştur. Her müdahale aşamasında tüm kollar yeniden gözden geçirilmiş ve değerlendirilmiştir. Mevcut açıklara ilave kolların eklenmesi, mevcut kollardan kritik görülen bazı kolların barajla kapatılması gibi yöntemlere başvurulmuş olsa da uygulanabilecek nitelikte sonuçlar elde edilememiştir.

Nihai durumda KRTİM havalandırma şebekesi modelinde yapılan değişiklikler aşağıdaki gibidir:

- 52 Kuyu dibi barajla kapatılmıştır.
- +140 fan emiş kapasitesi 12.000 m<sup>3</sup>/dk'ya çıkarılmıştır.
- Kilimli Havalandırma Kuyusundaki fan emiş kapasitesi 4.000 m<sup>3</sup>/dk'ya çıkarılmıştır.
- 42506 -460 Unutulmuş Batı Tabanyolu, galeri girişinden barajla kapatılmıştır.
- 42420 -360 Unutulmuş Batı Tabanyolu, galeri girişinden kapatılmıştır.
- -160 katında 52 Kuyu dibine yakın olan 3 hava kapısı kaldırılmıştır.
- 44 Bür dibine giden Gelik -150 Trolley Galerisi üzerindeki kapılar kaldırılmıştır.

Yapılan değişiklikler neticesinde ilk aşamada belirtilen olumsuzluklar tamamen giderilmiştir. Hava giriş noktalarındaki hava miktarları, havanın katlara dağılımı, çalışma arınlarındaki hava

miktarları ihtiyaç duyulan seviyelere gelmiştir. Hava yönleri tüm kollarda, ayaklarda ve nefesliklerde normale dönmüştür.

## 5.1 HAVA GİRİŞLERİ

KRTİM havalandırma şebekesindeki Ventsim’de hazırlanan model verileri ile tasarım sonucu elde edilen veriler Çizelge 5.1’de verilmiştir.

**Çizelge 5.1** Giriş havalarının karşılaştırılması

Hava Girişi	Fiili Modeldeki Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)	Yeni Tasarımdaki Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)
Karadon Yeni Servis Kuyusu	5.457	5.507
1 No.lu Kuyu	1.616	1.628
Kilimli +50 Desandre	337	338
Gelik 75. Yıl Cumhuriyet Kuyusu	7.448	7.738
Gelik +140 Baca Ağzı	636	673
TOPLAM	15.494	15.884

## 5.2 HAVANIN KATLARA GÖRE DAĞILIMI

5 ayrı giriş noktasından sağlanan havanın katlara göre dağılımı ve pano üretim alanlarındaki hava dağılımı tasarım model üzerinden incelenerek karşılaştırmaları yapılmıştır.

### 5.2.1 KYSK’dan Giren Hava

KYSK’dan giren hava için, Ventsim’de hazırlanan model ile tasarım sonucu elde edilen veriler Çizelge 5.2’de verilmiştir.

**Çizelge 5.2** KYSK’dan giren hava miktarları

Giriş Katı	İstasyon Numarası	Fiili Modeldeki Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)	Yeni Tasarımdaki Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)
-160 Katı	K161	647	648
-360 Katı	K377	1.171	1.183
	K381	1.008	1.018
-460 Katı	K1469	828	837
	K1470	1.371	1.385
-540 Katı	K511	433	436
TOPLAM		5.357	5.507

### 5.2.2 1 No.lu Kuyudan Giren Hava

1 No.lu Kuyu'dan giren hava için, Ventsim'de hazırlanan model ile tasarım sonucu elde edilen veriler Çizelge 5.3'de verilmiştir.

**Çizelge 5.3** 1 No.lu Kuyu'dan giren hava miktarı

Giriş Katı	İstasyon Numarası	Fiili Modeldeki Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)	Yeni Tasarımdaki Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)
-540 Katı	K513	1.616	1.628
TOPLAM		1.616	1.628

### 5.2.3 Gelik Kuyudan Giren Hava

Gelik 75. Yıl Cumhuriyet Kuyusu'dan giren hava için, Ventsim'de hazırlanan model ile tasarım sonucu elde edilen veriler Çizelge 5.4'de verilmiştir.

**Çizelge 5.4** Gelik Kuyu'dan giren hava miktarları

Giriş Katı	İstasyon Numarası	Fiili Modeldeki Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)	Yeni Tasarımdaki Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)
-160 Katı	G101	449	453
	G104	616	647
-260 Katı	G201	699	735
	G211	403	423
-360 Katı	G301	2.621	2.747
	G302	544	550
-460 Katı	G401	763	796
	G402	705	736
-540 Katı	G501	647	651
TOPLAM		7.297	7.738

### 5.2.4 +50 Baca Ağzından Giren Hava

+50 baca ağzından giren hava için, Ventsim'de hazırlanan model ile tasarım sonucu elde edilen veriler Çizelge 5.5'de verilmiştir.

**Çizelge 5.5** +50 baca ağzından giren hava miktarı

Giriş Katı	İstasyon Numarası	Fiili Modeldeki Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)	Yeni Tasarımdaki Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)
+50 Baca Ağzı	K1	337	338
TOPLAM		337	338

### 5.2.5 +140 Baca Ağzından Giren Hava

+140 baca ağzından giren hava için, Ventsim’de hazırlanan model ile tasarım sonucu elde edilen veriler Çizelge 5.6’da verilmiştir.

**Çizelge 5.6** +140 baca ağzından giren hava miktarı

Giriş Katı	İstasyon Numarası	Fiili Modeldeki Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)	Yeni Tasarımdaki Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)
+140 Baca Ağzı	G1	636	673
TOPLAM		636	673

### 5.3 PANO ÜRETİM ALANLARINDAKİ HAVA

Pano üretim alanlarına giren hava için, Ventsim’de hazırlanan model ile tasarım sonucu elde edilen veriler Çizelge 5.7’de verilmiştir.

**Çizelge 5.7** Pano üretim alanlarındaki hava miktarları

Pano Adı	İstasyon Numarası	Fiili Modeldeki Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)	Yeni Tasarımdaki Hava Miktarı (m <sup>3</sup> /dk)
51516 -460/-360 Acılık Batı Ayak	K1467	569	534
51516 -460/-360 Sulu Batı Ayak	K1466	465	611
51516 -460/-360 Çay Batı Ayak	K1468	612	663
51508 -460 Kurul Batı Ayak	K1463	345	372
42416 -360/-260 Akalın Doğu Ayak	K262	349	292
42506 -460/-360 Akdağ Doğu Ayak	K379	347	377
42419 -360/-260 Akdağ Doğu Ayak	K378	297	330
41415 -360/-260 Kurul Doğu Ayak	G206	294	320
41315 -260/-150 Hacımemiş Doğu	G115	577	610
41405 -360/-260 Sulu Doğu Ayak	G309	423	330
41407 -360/-260 Acılık Doğu Ayak	G217	390	456
41506 -460/-360 Gökcan Batı Ayak	G315	426	388



## BÖLÜM 6

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

#### 6.1 MEVCUT DURUMUN DEĞERLENDİRİLMESİ

KRTİM havalandırma şebekesi, 6 kat ve 115 km ocak açıklığından oluşan oldukça karmaşık bir şebekedir. 3 ayrı noktadan emici fanlar vasıtasıyla 15.625 m<sup>3</sup>/dk olarak emilen hava, 5 ayrı giriş noktasından ocak içerisine alınmaktadır.

Kilimli Havalandırma Kuyusu fanı Kilimli İşletme Müdürlüğü batı kanadına hitap etmekte olup 3.722 m<sup>3</sup>/dk, Karadon 52 Kuyu fanı Karadon bölgesine hitap etmekte olup 4.822 m<sup>3</sup>/dk, Gelik +140 fanı Gelik İşletme Müdürlüğü bölgesine hitap etmekte olup 7.056 m<sup>3</sup>/dk hava emişi sağlamaktadır.

KYSK'dan giren hava 5.357 m<sup>3</sup>/dk olup, -160 katına 661 m<sup>3</sup>/dk, -360 katına 2.110 m<sup>3</sup>/dk, -460 katına 2.158 m<sup>3</sup>/dk ve -540 katına 428 m<sup>3</sup>/dk olarak dağılmaktadır.

1 No.lu Kuyu'dan giren hava 1.550 m<sup>3</sup>/dk olup tamamı -540 katına girmektedir.

Gelik 75. Yıl Cumhuriyet Kuyusu'ndan giren hava 7.297 m<sup>3</sup>/dk olup, -160 katına 1.029 m<sup>3</sup>/dk, -260 katına 1.065 m<sup>3</sup>/dk, -360 katına 3.098 m<sup>3</sup>/dk, -460 katına 1.458 m<sup>3</sup>/dk ve -540 katına 653 m<sup>3</sup>/dk olarak dağılmaktadır.

+50 baca ağzından giren 340 m<sup>3</sup>/dk hava, desandreler ve galerilerle -160 katına inmekte, KYSK -160'tan gelen havanın bir kısmı ile birleşerek -260/-160 desandresinden -260 katına ulaşmaktadır.

+140 baca ağzından giren 630 m<sup>3</sup>/dk hava desandreden öncelikle +20 katına, +20 katından da desandreyle -50 katına girmektedir. Bu güzergah alternatif kaçış güzergahı olmakla birlikte kısa devre tamamlayarak -50 katındaki hava ile birlikten 44 bür aracılığı ile +140 fana ulaşmaktadır.

KRTİM havalandırma şebekesi 166 ayrı hava istasyonunda mevzuat gereği 10 günlük periyotlarla ölçülerek kontrol edilmektedir.

Kesit alanlarına göre adlandırılmış B5, B8, B10, B12, B14, B18 ve B24 kesitleri galeri, desandre ve taban yollarında kullanılırken, ayak ve bacalarda kömür kalınlığına bağlı olarak değişkenlik gösteren trapez kesitler kullanılmaktadır. Havalandırma ve nakliyat kuyuları dairesel kesit olarak 6 m çapta, bürler ise 5 m çapta tesis edilmiştir.

Ocak içerisinde tali havalandırmalar için elektrikli ve stimli pervaneler kullanılmaktadır. Elektrikli pervanelerde 60'lık, stimli pervanelerde 40'lık fantüpler kullanılmaktadır. Fantüp ek mesafeleri 15 m'dir.

5 ayrı koldan hava girişi sağlanan KRTİM havalandırma şebekesinde, hava yönleri ve miktarları 125 adet hava kapısı ile yönlendirilmektedir.

KRTİM havalandırma şebekesinde büyük olumsuzluklarla karşılaşılmamıştır. Mevcut durumun daha da iyileştirilmesine yönelik olarak; tek bir kol üzerinde birden çok istasyon bulunmaması, her ayak girişinde hava istasyonlarının kurulması, ayak içerisinde tali havalandırma olmayan panolarda sadece ayak girişinde veya aya çıkışında hava hızlarının ölçülmesi önerilmektedir.

## **6.2 VENTSİM'DE YAPILAN MODELLEME**

Modelleme işlemleri farklı yöntemlerle yapılabildiği gibi bu çalışmada konum doğruluk hassasiyeti ve çizim aşamasının pratik olması açısından CAD ortamında varolan verilerin içe aktarımı yöntemi uygulanmıştır.

İlk aktarımda 5x5 m kare kesitli yaklaşık 12.900 adet kolda yaklaşık 1.900 noktada bağlantı hatası iletisi alınmıştır. Bağlantı hata iletisinin sebebi CAD çalışma ortamındaki birim hassasiyeti ile simülasyon çalışma ortamındaki birim hassasiyetinin farklı olması ve/veya CAD tasarımında kavşak noktalarındaki birleşim hatalarından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Bu

hata iletileri Ventsim ortamında her bir ileti için manuel olarak yapılabildiği gibi, CAD ortam birim ayarlaması ve kavşak noktalarının tanımlanması ile oluşturulacak yeni altlıkla tek seferde düzeltiler. Bu çalışmada CAD ortamında yeni bir altlık oluşturularak hata iletileri giderilmiştir.

Hava giriş ve çıkış noktaları sisteme tanımlanmıştır. Simülasyon programı öz ayarlarında, içe aktarılan her bir obje 5x5 m ölçülerinde kare kesit olarak algılanmaktadır. Simülasyondan elde edilecek verilerin doğruya en yakın olabilmesi için sayısal ortamın fiili açıklıklara en yakın şekilde modellenmesi gerekmektedir. Tüm tip kesitler sayısallaştırılarak sisteme aktarılmış ve ilgili kollarla ilişkilendirilmiştir.

Fan ve tali pervanelere ait karakteristik eğriler sayısallaştırılarak sisteme tanımlanmıştır. Her bir eğri için 10 nokta tanımlanarak Ventsim ortamına aktarılmıştır.

Açıklıklar içerisinde sabit halde bulunan bant, kafes, trafo, silo ağzı vb. havaya karşı direnç oluşturabilecek nitelikteki tüm yapılar yerinde tespitlerle ölçülerek faydalı kesitten düşürülmüştür. Ayrıca ocak içerisinde tavan alçalması ve taban kabarması gibi nedenlerle orijinal kesitini kaybeden ocak kesimleri yerinde ölçülmüş ve bu kesit değişimi nedeni ile havalandırma şebekesinde ilave dirence neden olan durumlar Ventsim'de hazırlanan model üzerine işlenmiştir.

Ventlog modülü yardımı ile hava ölçü istasyonlarına ait veritabanı oluşturmak için KRTİM tarafından sistematik olarak belirlenen istasyon numaraları, istasyon bölgesi, dahil olduğu grup, bulunduğu kat, tanımlama bilgisi, istasyon kesit alanı ve ölçü yapan personel adı gibi bilgiler her bir istasyon için ayrı ayrı tanımlanmıştır. Öznitelik bilgileri Ventlog modülünde işlenen her bir istasyon, bulunduğu kol üzerine Ventsim'de işaretlenerek veritabanı ile bağlantısı sağlanmıştır. Hava ölçüm istasyonlarında alınan güncel veriler, ilgili parametreler doldurularak veritabanına işlenmiştir. Simülasyon ile yerinde ölçülerin karşılaştırma ve değerlendirmelerinin yapılabilmesi oluşturulan veritabanı dosyası Ventsim çizim ortamı ile ilişkilendirilmiştir.

Ventsim ortamında hazırlanan model üzerinde, tüm koldan geçen hava yönleri kontrol edilerek akışın doğruluğu teyit edilmiştir. Veritabanına işlenen ölçü değerleri ile hava giriş ve çıkış istasyonlarındaki sayısal model sonuç değerleri incelenerek karşılaştırılmıştır. Yapılan

karşılaştırmada kabul edilebilir sınırın değeri üzerindeki farklılıklar incelenerek sebepleri araştırılmış ve ocak içerisinde direnç oluşturan tüm tesisler tekrar gözden geçirilerek düzenlemeler yapılmıştır. Elde edilen sonuç modelde kabul edilebilir sınır değerinin üzerinde farka rastlanmamıştır.

Simülasyon ortamından elde edilen sonuçlar ile yerinde ölçülen değerler karşılaştırıldığında;

KYSK'dan giren hava 5,457 m<sup>3</sup>/dk olup, -160 katına 647 m<sup>3</sup>/dk, -360 katına 2,179 m<sup>3</sup>/dk, -460 katına 2,199 m<sup>3</sup>/dk, -540 katına 433 m<sup>3</sup>/dk olarak dağıldığı, yerinde yapılan ölçülerle simülasyon arasında kabul edilen %15'lik sınır içerisinde kalan farklılıklar olduğu görülmüştür.

1 No.lu Kuyu'dan giren hava 1,616 m<sup>3</sup>/dk olup havanın tamamı -540 katına inmektedir. Yerinde yapılan ölçülerle simülasyon arasında kabul edilebilir sınır içerisinde farklılıklar olduğu görülmüştür.

Gelik 75. Yıl Cumhuriyet Kuyusu'ndan giren hava 7,448 m<sup>3</sup>/dk olup, -160 katına 1,065 m<sup>3</sup>/dk, -260 katına 1,102 m<sup>3</sup>/dk, -360 katına 3,165 m<sup>3</sup>/dk, -460 katına 1,468 m<sup>3</sup>/dk, -540 katına 647 m<sup>3</sup>/dk olarak dağılmaktadır. Yerinde yapılan ölçülerle simülasyon arasında kabul edilebilir sınır içerisinde farklılıklar olduğu görülmüştür.

+50 baca ağzından giren 337 m<sup>3</sup>/dk hava, desandreler ve galerilerle -160 katına inmekte, KYSK -160'tan gelen havanın bir kısmı ile birleşerek -260/-160 Desandresinden -260 katına ulaşmaktadır. Yerinde yapılan ölçülerle simülasyon arasında kabul edilebilir sınır içerisinde farklılıklar olduğu görülmüştür.

+140 baca ağzından giren 636 m<sup>3</sup>/dk hava desandreden öncelikle +20 katına, +20 katından da desandreye -50 katına girmektedir. Bu güzergah alternatif kaçış güzergahı olmakla birlikte kısa devre tamamlayarak -50 katındaki hava ile birlikte 44 bür aracılığı ile +140 fana ulaşmaktadır.

Yerinde yapılan ölçülerle simülasyon arasında kabul edilebilir sınır içerisinde farklılıklar olduğu görülmüştür.

Üretim faaliyetlerinin sürdürüldüğü panolardaki hava miktarları karşılaştırmasında kabul edilebilir sınırlar içerisinde farklılıklar görülmüştür.

Ventsim ortamında hazırlanan simülasyonda tüm sistem kontrol edilerek hava yönü ve miktarları teyit edildikten sonra 52 Kuyu fanının kapatılması projesinde altlık olarak kullanılabileceğine karar verilmiştir.

### 6.3 TASARIM ÇALIŞMALARI

Tasarımın birinci aşamasında 52 Kuyu fanı kapatılarak sistem incelenmiş ve oldukça olumsuz sonuçlarla karşılaşmıştır. Yapılan incelemede Karadon 52 Kuyudan ocağa 2.885 m<sup>3</sup>/dk hava girişi olduğu görülmüştür. KYSK'dan giren havanın 3.700 m<sup>3</sup>/dk kadar azaldığı, 1 No.lu Kuyu'dan giren havanın yaklaşık 1.200 m<sup>3</sup>/dk azaldığı, Gelik 75. Yıl Cumhuriyet Kuyusu'ndan giren havanın yaklaşık 2.500 m<sup>3</sup>/dk azaldığı, +50 baca ağzından giren havanın yaklaşık 250 m<sup>3</sup>/dk azaldığı, +140 baca ağzından giren havanın yaklaşık 150 m<sup>3</sup>/dk azaldığı, Kilimli kanadında bulunun kollarda ve panolarda ciddi oranlarda değişiklik meydana gelmediği, Karadon bölgesinde birçok kolda hava miktarı ve yönünün değiştiği, Çin Bürlerinden havanın üst kotlara çıkması gerekirken alt kotlara yöneldiği, Karadon bölgesinde bulunan panoların ve nefesliklerin tümünde havanın terse döndüğü, Gelik bölgesinde bulunan kollarda ve panolarda ciddi oranda değişiklik meydana gelmediği tespit edilmiştir. Bu durumun ocak havalandırma sisteminin çok yüksek oranda olumsuz yönde etkilendiği ve ocak için tehlikeli bir durum ortaya koyduğu açıktır.

Bu olumsuzlukların ortadan kaldırılması amacıyla tasarıma birçok müdahalelerde bulunulmuştur. Her müdahale aşamasında tüm kollar yeniden gözden geçirilmiş ve değerlendirilmiştir. Oldukça zahmetli olan bu süreçte mevcut açıklara ilave kolların eklenmesi, mevcut kollardan kritik görülen bazı kolların barajla kapatılması gibi yöntemlere başvurulmuş olsa da ocak içerisinde uygulanabilecek nitelikte sonuçlar elde edilememiştir.

Uzun soluklu bir tasarım aşamasının ardından olumlu sonuçların elde edildiği nihai aşamada 52 Kuyu dibinin barajla kapatılmış, +140 fan emiş kapasitesi 12.000 m<sup>3</sup>/dk'ya, Kilimli Havalandırma Kuyusundaki fan emiş kapasitesi 4.000 m<sup>3</sup>/dk'ya çıkarılmış, 42506 -460 Unutulmuş Batı Tabanyolu ve 42420 -360 Unutulmuş Batı Tabanyolu galeri girişinden kapatılmış ve -160 katında 52 Kuyu dibine yakın olan 3 hava kapısı ile 44 Bür dibine giden Gelik -150 Trolley Galerisi üzerindeki kapılar kaldırılmıştır.

Tasarım ortamında yapılan değişiklikler neticesinde ilk aşama sonucunda belirtilen olumsuzluklar tamamen giderilmiştir. Hava giriş noktalarındaki hava miktarları, havanın

katlara dağılımı, çalışma arınlarındaki hava miktarları ihtiyaç duyulan seviyeler gelmiştir. Hava yönleri tüm kollarda, ayaklarda ve nefesliklerde normale dönmüştür.

KYSK'dan giren hava 5.507 m<sup>3</sup>/dk olup bu havanın -160 katına 648 m<sup>3</sup>/dk, -360 katına 2.201 m<sup>3</sup>/dk, -460 katına 2.222 m<sup>3</sup>/dk, -540 katına 436 m<sup>3</sup>/dk olarak dağıldığı görülmüştür.

1 No.lu Kuyu'dan giren hava 1.628 m<sup>3</sup>/dk olup bu havanın tamamının -540 katına indiği görülmüştür.

Gelik 75. Yıl Cumhuriyet Kuyusu'ndan giren hava 7.738 m<sup>3</sup>/dk olup bu havanın -160 katına 1.100 m<sup>3</sup>/dk, -260 katına 1.158 m<sup>3</sup>/dk, -360 katına 3.297 m<sup>3</sup>/dk, -460 katına 1.532 m<sup>3</sup>/dk ve -540 katına 651 m<sup>3</sup>/dk olarak dağıldığı görülmüştür.

+50 baca ağzından giren 338 m<sup>3</sup>/dk havanın desandreler ve galerilerle -160 katına indiği, KYSK -160'tan gelen havanın bir kısmı ile birleşerek -260/-160 desandresinden -260 katına ulaştığı görülmüştür.

+140 baca ağzından giren 673 m<sup>3</sup>/dk havanın desandreden öncelikle +20 katına, +20 katından da desandreye -50 katına girdiği görülmüştür. Kısa devre olarak tamamlanan bu güzergahın -50 katındaki hava ile birlikte 44 bürden +140 fanına ulaştığı görülmüştür.

Üretim faaliyetlerinin sürdürüldüğü panolardaki hava miktarlarının doğru yönde ve belirlenen ihtiyacı karşılayabilecek nitelikte olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak tasarım ortamında yapılan değişikliklerin tamamının ocak içerisinde uygulanması durumunda 52 Kuyu fanının kapatılması ile mevcut durumun sürdürülebilir olduğu düşünülmektedir.

İyileştirme kapsamında; Gelik -150 Trolley Galerisinin kesitinin B10'dan B14'e çıkarılması, trolley kavşağından 3 No.lu bür dibine kadar olan kısmın kesitinin B14'ten B16'ya çıkarılması, 3 No.lu bür dibi bağlantısının B18'e çıkarılması ve +140 Fan desandre dibi ile 44 Bür arasındaki kolun B24 kesite çıkarılması durumunda çok daha verimli sonuçlar elde edilebilecektir.

Toplam yeraltı açıklığı ve ulaştığı derinlik itibariyle Türkiye'nin en büyük yeraltı maden işletmesi olarak kabul edilebilecek Karadon Müessesesi'nin havalandırma şebekesini oluşturan

verilerin günlük hatta saatlik değişim gösterdiği bilinmektedir. Ventsim’de modellenen bu Şebekenin güncel tutulabilmesi için devam edecek olan iyileştirme çalışmaları sürecinde; Kilimli ve Gelik işletmelerinin de desteğiyle, Karadon Müessese Müdürlüğü’nde Ventsim’de modellenen havalandırma Şebekesinin güncellenmesi ve iyileştirme çalışmalarının kesintisiz sürdürülmesine devam edilmelidir. Fanların alışma değerleri, hava ölçüm istasyonlarında ve kritik yerlerde yapılan hava ölçümleri, yeni açılan yada kapatılan galeriler, aşırı derecede daralmış galeri kesimlerinin kesitleri ve uzunlukları, hava kapılarının açık-kapalı olması durumları ile ayak ve taban yolu ilerlemeleri gibi havalandırma Şebekesindeki hava akışını önemli ölçüde etkileyen veriler düzenli olarak bildirilmesi ve güncel verilerin sürekli olarak işlenmesinin sürdürülmesinde yarar görülmektedir.





## KAYNAKLAR

- Ayvazoğlu E** (1984) *Madenlerde Havalandırma ve Emniyet*, İTÜ Maden Fakóltesi, Yayın No:13, İstanbul, 302 s.
- Bardız H M ve Çakır A** (2022) TTK Karadon Taşkömürü İşletme Müessesesi Havalandırma Şebekesinin Bilgisayarla Modellenmesi İçin Altyapı Hazırlama Çalışmaları, *EFIS 6. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 1-2 Temmuz, Zonguldak, 115-120
- Cengiz A K ve Günay E** (2011) Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) Kozlu Müessesesinde Tali Havalandırma Pervane Performanslarının İncelenmesi. *Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu*, 24-25 Kasım, Zonguldak, 197-204.
- Coşkun M ve Hoşgit M E** (1980) EKİ Kozlu Bölgesinin Bilgisayarla Havalandırma Etüdü. *Türkiye 2. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı*, 12-16 Mayıs, Zonguldak, 269-278.
- Çakır A** (2023) *Madenlerde Havalandırma Ders Notları*, ZBEÜ Mühendislik Fakóltesi Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, 117 s.
- Çakır B** (2018) Yeraltı Maden Ocaklarında Bilgisayar Destekli Havalandırma Tasarımı, *Yüksek Lisans Tezi*, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir, 59 s.
- ÇSGB** (2013) Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği, Resmî Gazete Tarihi: 19.09.2013 Resmî Gazete Sayısı: 28770, 15 s. (www.mevzuat.gov.tr).
- Dartıcı A**(2020) Yeraltı Maden İşletmelerinde Havalandırma ve Bilgisayar Destekli Optimizasyonu, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 117 s.
- Günay E, Soylu A, Fişne A ve Barış K** (2022) Yeraltı Maden Ocaklarında Hafife Alınan Bir İş Sağlığı Ve Güvenliği Aracı: Havalandırma. *Uluslararası Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu*, 12-13 Mayıs, Adana, 145-159.
- Güyagüler T** (1991) *Ocak Havalandırması*, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, ISBN: 975-395-041-1, Şafak Matbaacılık, Ankara, 148 s.
- Gyamfi S** (2020) Considerations and Development of a Ventilation on Demand System in Konsoln Mine. *Yüksek Lisans Tezi*, Luleå University of Technology Department of Civil, Environmental and Natural Resources Engineering, İsveç, 70 s.
- Hurtado J P, Diaz N, Acuna E I and Fernandez J** (2014) Shock Losses Characterization Of Ventilation Circuits For Block Caving Production Levels. *Tunnelling and Underground Space Technology*, v.41, March, 88-94.
- Kahraman E, Ersoy C, Küçükali E ve Koçak Ç** (2019) Uzun Galerilerin Tali Havalandırılması: Polyak Eynez Üretim Desandresi Örneği. *Türkiye 26. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı*, 16-19 Nisan, Antalya, 653-662.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Kahraman E ve Sığircı C** (2015) Çayırhan' da Uzun Galerilerin Tali Havalandırması. *Türkiye 24. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı*, 14-17 Nisan, Antalya, 583-592
- Kanam O H and Ahmed M O** (2021) A review on underground mine ventilation system. *Pradip Kumar Chanda at The Indian Press Pvt. Ltd.*, 93A, West Bengal, 62-70.
- Karagianni M and Benardos A** (2021) Ventilation Design Modeling and Optimization for an Underground Bauxite Mine. *Materials Proceedings (MDPI)*, v.5, No: 29, İsviçre, 7 p.
- Koketayev A J** (2003) Control of the Ventilation System Using Expert Systems. *Türkiye 18. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı*, 10-13 Haziran, Antalya, 92-103.
- KRTİM** (2023) *TTK Karadon Taşkömürü İşletme Müessesesi Haziran Ayı Faaliyet Raporu*, 110 s. (yayımlanmamış)
- Kurşunoğlu N ve Önder M** (2019) Bir Yeraltı Kömür Ocağında Tali Havalandırma Etüdü. *Türkiye 26. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı*, 16-19 Nisan, Antalya, 1106-1115.
- Longson I and Dixon D W** (1990) District Environmental Planning. *Türkiye 7. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı*, 21-25 Mayıs, Zonguldak, 419-429.
- Önce G ve Saraç S** (2001) *Madenlerde Havalandırma*, Osmangazi Üniversitesi, MMF Maden Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, 266 s.
- Önder M, Çakır B ve Önder S** (2019) Adularya Yeraltı Maden Ocağında Bilgisayar Destekli Havalandırma Tasarımı. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 34 (2): 23-33.
- Özer S C, Fişne A, Uyar G G ve Aksoy C O** (2015) Bir Yeraltı Kömür Ocağında 3 Boyutlu Havalandırma Analizi. *Türkiye 24. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı*, 14-17 Nisan, Antalya, 566-571.
- Polat N K ve Didari V** (2002) TTK Kilimli İşletmesinin Kazemaru Programı Kullanılarak Havalandırma Analizi. *Türkiye 13. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı*, 29-31 Mayıs, Zonguldak, 371-383.
- Saltoğlu S** (1975) *Madenlerde Havalandırma ve Emniyet İşleri*, İTÜ Kütüphanesi Sayı: 1019, İstanbul, 316 s.
- URL-1** <<https://www.howden.com>>, Ziyaret tarihi: 20.07.2023.
- URL-2** <<https://ventsim.com/tr/>>, Ziyaret tarihi: 20.07.2023.
- URL-3** <<https://www.taskomuru.gov.tr>>, Ziyaret tarihi: 18.06.2023.
- Yalçın E** (2017) *Yeraltı Havalandırması*, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, ISBN:978-975-441-358-8, İzmir, 402 s.

### **KAYNAKLAR (devam ediyor)**

**Yalçın E ve Gürgen S** (1999) *Madenlerde Havalandırma*, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Yayınları, No:251, Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir, 307 s.

**Zhang J G and Suo C Y** (2016) Study of Coal Mine Ventilation System Optimization based on Ventsim, *MATEC Web of Conferances*, v.44, February, 1-4.





## ÖZGEÇMİŞ

İlk ve orta öğrenimimi Afşin ilçesinde tamamladım. 1994-1996 Muğla Üniversitesi Harita Kadastro bölümünü tamamladıktan sonra 2008 yılına kadar özel sektörde mesleki çalışmalara katıldım. 2008 yılında Türkiye Taşkömürü Kurumu Karadon Müessese Müdürlüğüne bağlı Etüt Tesis ve Sahalar Şube Müdürlüğünde Harita Teknikeri olarak göreve başladım. 2013-2017 yıllarında ZBEÜ Jeoloji Mühendisliği bölümünden mezun olduktan sonra Kurumda görev değişikliği yaparak mühendislik kadrosuna geçiş yaptım. 2017-2019 yıllarında ZBEÜ İş Sağlığı Güvenliği Yüksek Lisans eğitimimi tamamladım. Halen Türkiye Taşkömürü Kurumu Karadon Taşkömürü İşletme Müessesesi Etüt Tesis ve Sahalar Şube Müdürlüğünde Jeoloji Mühendisi olarak görevime devam ediyorum.