

Adularya Yeraltı Maden Ocağında Bilgisayar Destekli Havalandırma Tasarımı

Mustafa ÖNDER*¹, Burak ÇAKIR², Seyhan ÖNDER¹

¹Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Eskişehir

²Demir Export AŞ, Soma Eynaz Yer Altı Kömür İşletmesi, Manisa

Geliş tarihi: 08.02.2019

Kabul tarihi: 28.06.2019

Öz

Yeraltı maden ocakları için bilgisayar destekli havalandırma tasarımı hayati bir önem arz etmektedir. Geleceğe yönelik güvenilir planlamalar yapabilmek için yeraltı ocaklarının havalandırma ile ilişkili olan veri seti parametreleri dikkatli bir şekilde oluşturulmalıdır. Bu çalışmada, bir yeraltı maden ocağı havalandırma şebekesinin bilgisayar ortamında tasarlanması için Ventsim® havalandırma benzetim programı kullanılmıştır. Havalandırma ölçümlerine ilişkin değerler, Eskişehir ili Mihalıççık 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.

Anahtar Kelimeler: Maden havalandırma, Simülasyon, Ventsim®

Computer Aided Ventilation Design in Adularya Underground Mine

Abstract

Computer aided ventilation design for underground mines has a vital importance. The data set parameters associated with the ventilation of underground mines must be carefully constructed to ensure reliable future planning. In this work, the Ventsim® ventilation simulation program was used to design an underground mine ventilation network in a computer environment. The values of the ventilation measurements were taken from the underground coal mine of Adularya Mining Energy Trade Corporation located in Mihalıççık, Eskişehir province. Ventilation design was performed using this data set and the results obtained were compared with actual values. As a result, it has been determined that the design results are close to reality and the design is successful.

Keywords: Mine ventilation, Simulation, Ventsim®

*Sorumlu yazar (Corresponding author): Mustafa ÖNDER, monder@ogu.edu.tr

1. GİRİŞ

Yeraltı madencilğinde havalandırma işleminin amacı; ocakta güvenli, rahat ve sağlıklı çalışma koşullarını sağlamaktır. Bu nedenle özellikle planlama ve projelendirme aşamalarında havalandırma şebeke analizi öncelikle ele alınmalıdır. Havalandırma şebekesi analizi küçük ocaklar için bazı basit yöntemlerle kolaylıkla yapılabilmektedir. Ancak ocağın büyük olması halinde bu tür bir analizi yapmak çok zaman alıcı ve zor, bazı hallerde ise olanaksızdır. Ayrıca, gerçek bir ocak için hazırlık galerilerinin sürülmesi, yeni hava yollarının açılması, vantilatör yerlerinin değiştirilmesi ve benzeri haller karşısında dirençlerde ortaya çıkan farklılıklar hava dağılımına büyük oranda etki edecektir. Bu hususların yaratabilecekleri problemlerin önceden bilinmesinde sayısız yararlar vardır. Diğer taraftan, yeraltı üretim katlarının her geçen gün derinlere ve daha karmaşık düzenlere gereksinme göstermesi, havalandırma maliyetlerini artırmaktadır. Bu maliyetlerin en alt düzeye indirilmesinde mekanik olarak sağlanan hava akımının daha da ekonomik kullanılması etkilidir.

Widzyk-Capehart ve Watson [1] yaptıkları çalışmada, Ventsim® programını Reedemer altın madenine uygulamışlardır. Ocağın mevcut havalandırma sistemi baş yukarı havalandırma sistemidir. Yüzeyde iki adet emici santrifüj vantilatör bulunmaktadır. Mevcut sistem için 135 m³/s hava gerekmektedir. Makalede üç adet hava yolu (üretim katları, emniyet yolu, hava dönüş yolu) Ventsim® programında modellenmiş ve bu amaçla beş adet havalandırma modeli üretilmiştir. Nakliye, derin üretim katlarında meydana gelebilecek hava ihtiyacı, kaçış yolunda ortaya çıkabilecek değişiklikler, fan seçimi, yatırım ve işletim maliyetleri bu modellerin uygulandığı kısımları oluşturmaktadır. Modellemeler sonucunda HS 288 330 model santrifüj vantilatörün AL1200 aksiyal vantilatörle değiştirilmesi gerektiği, hava dönüş için katlar arasına 3,6 m çapında baş yukarı galerileri sürülmesi gerektiği ve hava dönüş yollarına paralel olarak 2,5 m çapında kaçış yolları açılması gerektiği belirtilmiştir. Widzyk-Capehart ve Fawcett [2] yaptıkları çalışmada, VENTSIM® programını Batı Avustralya Kalgoorlie'de bulunan Bronzewing

altın madeninin havalandırma sistemine uygulamışlardır. Mevcut havalandırma koşullarının VENTSIM® programında benzetimi yapılarak gelecek için havalandırma gereksinimleri değerlendirilmiştir. Şu anda mevcut sistem, iki üretim bölgesine 412 m³/s'lik bir hava göndermektedir. Sistem beş giriş ve üç çıkış hava yoluna sahiptir. Üç adet yüzeye yerleştirilmiş emici vantilatör bu maden ocağını havalandırmak için kullanılmaktadır. Geleceğe yönelik hava gereksinimi üretim oranına göre tahmin edilmiştir. Şu anki üretim oranı yaklaşık 1,5 Mtpa'dır. Gelecekte ise 1,2 Mtpa olacağı öngörülmektedir. İhtiyaç duyulacak temiz hava miktarı ise yaklaşık 450 m³/s olarak belirlenmiştir. Wei ve arkadaşları [3] tarafından yapılan makalede, Donghai madeninin havalandırma benzetimi VENTSIM programıyla gerçekleştirilmiştir. Maden ocağının bazı sorunları bulunmaktadır. Bu sorunlar, üç farklı üretim bölgesinin tek bir dönüş kuyusunu paylaşması, bazı hava kolları dirençlerinin çok yüksek olması ve vantilatör hava basıncının 3500 Pa'nın üzerine çıkması şeklinde belirlenmiştir. Yüksek dirence sahip hava yollarının dirençlerini azaltmak amacıyla hava miktarı 11,4 m³/s artırılmış ve hava basıncı 221,2 Pa azaltılmıştır. Belirlenen yeni değerler Ventsim® programına girilmiş ve vantilatörün 202,4 m³/s hava miktarında çalışması, hava basıncının ise 3321,5 Pa olması gerektiği sonuçları elde edilmiştir. Exikis ve Kapageridis [4], üç boyutlu tasarım programı VULCAN'ı bir maden ocağının havalandırma sistemine uygulamışlardır. Ocakta bulunan her hava koluna ait direnç, debi ve fan bilgileri programa girilerek havalandırma şebeke analizi yapılmıştır. Benzetim sonucunda hangi hava kollarında yüksek hava hacmi olabileceği görülebilmektedir. Aynı zamanda fan boyutlarının ne kadar olacağı, regülatörün, paralel hava kollarının ve tali fanların nereye yerleştirileceği bilgileri elde edilmiştir. Felsner [5] yaptığı çalışmada, Ventsim® programını bir maden ocağına uygulamıştır. Hava yollarındaki hava miktarını hesaplayabilmek için galerilerde hava hacmi ve kesit ölçümleri yapılmıştır. İkinci adımda elde edilen bilgilere göre maden ocağının Ventsim® programı ile tasarımı gerçekleştirilmiştir. Hava akımı benzetimi süresince, giriş hava kollarındaki hava akışı sabit kabul edilmiş ve benzetim değerleri ölçülen değerlerle karşılaştırılmıştır. Ortaya çıkan

farkları dengelemek için sürtünme ve direnç değerlerinde değişiklik yapılmıştır. Sürtünme faktörünü düzeltebilmek için bazı hava yollarının ahşap tahkimat olması gerektiği belirlenmiştir. Direnç değerleri ise mevcut tahkimat sistemine göre değiştirilmiştir. Osgoui ve Madani [6] çalışmalarında, Galandround kömür madenin havalandırma sistem dizaynını gerçekleştirmişlerdir. Bu amaçla öncelikle toplam gerekli hava miktarı gözleme dayalı olarak hesaplanmıştır. Daha sonra toplam basınç kaybı analitik metotlar kullanılarak bulunmuştur. Bilgisayar benzetimleri, farklı şebeke konfigürasyonlarının etkilerini değerlendirebilmek için kullanılmıştır. Son olarak gelecek havalandırma ihtiyaçlarını karşılayacak bir aksiyal tip vantilatör seçimine karar verilmiştir. Havalandırma şebeke analizi üç adet paket program (Minvent, VnetPC, Ventsim) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Vantilatör seçimi işlemi için üç program da 65 m³/s hava miktarı olan ve yaklaşık 300 Pa basınçta çalışacak bir vantilatör seçilmesi gerektiğine karar vermiştir. Aynı zamanda çalışma koşullarının iyileştirilmesini sağlamak amacıyla, 8,9,10 ve 11 nolu galerilerde tali vantilatör, 7 nolu galeride de regülatör kullanılmasının gerekli olduğu sonucuna varılmıştır.

Dilekçi [7], TTK Kozlu Müessesesi Ocakları Havalandırma Şebekesinin Kazemaru Havalandırma Programı Kullanılarak Çözümlemesi adlı Yüksek Lisans Tez çalışmasında, maden ocağına ait kavşak, kol vantilatör verilerini programa tanıtarak havalandırma sistemi tasarımını gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda gelecek yıllarda maden ocağında meydana gelebilecek değişikliklere göre yapılan havalandırma tasarım sonuçları elde edilmiştir. İnan [8], yaptığı çalışmada Çayırhan G sahası için, tali havalandırma ve maden ocağının ana havalandırması VnetPC2000 adlı paket program ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, ocak havalandırması için gereken hava miktarını sağlayan 5 vantilatör belirlenmiş ve bu vantilatörlerden işletim masrafı en ekonomik olanı ana vantilatör olarak seçilmiştir.

Dalgıç [9], yapmış olduğu çalışmada; yeraltı maden ocağında toz konsantrasyonunun azaltılması ve

rahat bir çalışma ortamı sağlamak amacıyla, maden ocağının ihtiyacı olan hava miktarını gerçekleştirecek havalandırma tasarımını yapmıştır. Bu amaçla tasarımda VnetPC2000 paket programını kullanmıştır. Çalışma sonucunda, yeraltı maden ocağında sorun teşkil eden havalandırma yetersizliği ve toz konsantrasyonu için optimum değerler belirlenmiştir.

Geçmişte havalandırma hesaplarının doğrudan doğruya basit analitik metotlarla yürütülmesi veya şebekelerin benzeri modelleri üzerinde ölçmeler yapılması suretiyle problemlerin çözümü yoluna gidilmiştir. Fakat bugün, oldukça büyük ocaklarda daha ayrıntılı analiz ve değerlendirme yöntemlerinin kullanılmasına doğan ihtiyaçla, Hardy Cross iterasyon (yaklaşık tekrarlamalar) tekniğine yer veren bilgisayar programları kullanılarak daha hassas, hızlı ve ekonomik sonuçlar alınabilmektedir. Havalandırma tasarımında yapılacak hesaplamaların bilgisayar destekli olması havalandırmadan sorumlu maden mühendislerine büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Uluslararası bir yazılım olan Ventsim® havalandırma tasarım programı kullanım kolaylığı ve görselliği açısından ileri düzeyde bir yazılımdır. Bu çalışmada bir yeraltı madenin havalandırma tasarımının bilgisayar destekli yapılması amaçlanmıştır. Bunun üzerine Koyunağılı kömür havzasında faaliyet gösteren Adularya Enerji Mad. Enerji Turizm San. ve Tic. A.Ş.'ye ait yeraltı kömür madeninde ölçüm çalışmaları yapılmıştır. Yapılan ölçümler hava yolu uzunlukları, kesitleri, çevreleri, koordinatları ve vantilatör karakteristik koşullarının belirlenmesidir. Ölçümler yapıldıktan sonra program aracılığı ile işletmenin havalandırma etüdü yapılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. İŞLETME HAKKINDA BİLGİLER

Adularya Enerji Mad. Enerji Turizm San. ve Tic. A.Ş. Eskişehir ili sınırları içinde Mihalıççık İlçesi Koyunağılı Köyü mevkiindedir. Eskişehir'e 128 km, Ankara'ya 145 km Beypazarı'nın 40 km batısındaki Koyunağılı köyüne 1,5 km uzaklıktadır.

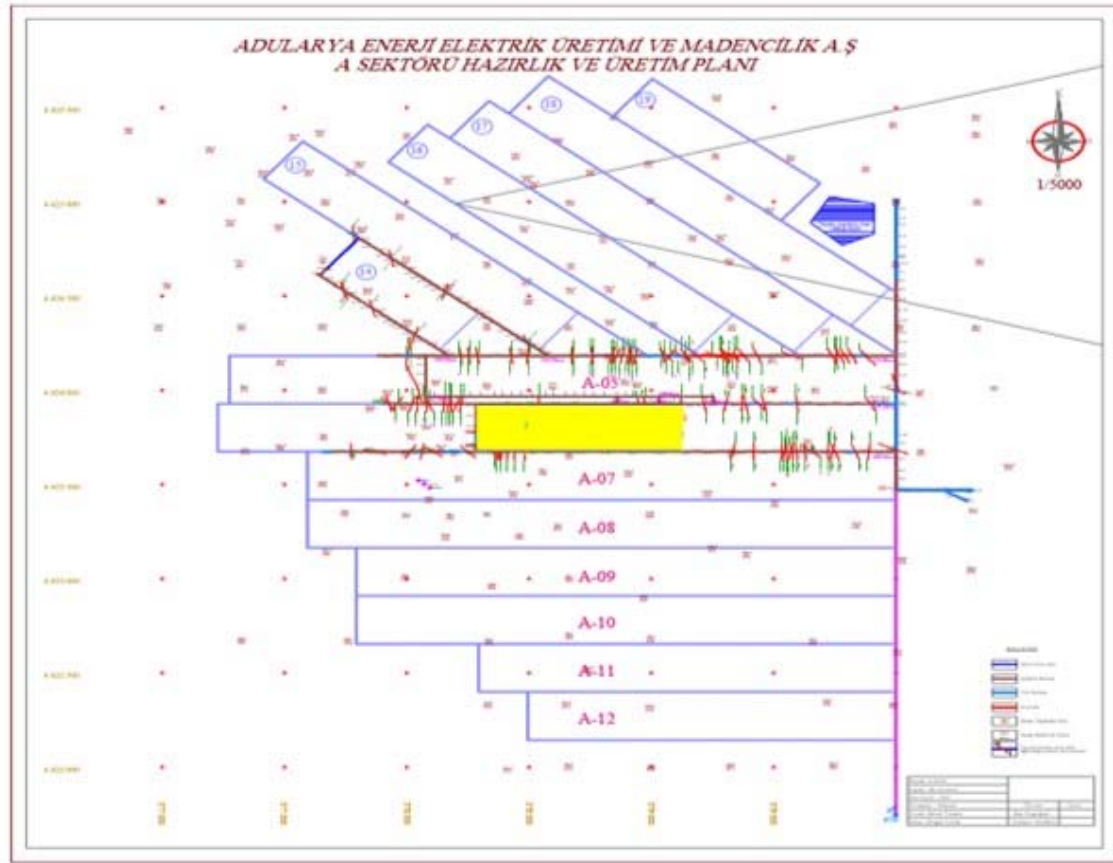
2007 yılında sahanın kömür üretilmesi ve termik santral kurulması amacıyla teslim alınmasından sonra ilk olarak tüm sahanın detaylı sondaj

çalışmaları yapılmıştır. Başlangıçtan bu güne derinlikleri ortalama 350 metre olan 400 adet sondaj gerçekleştirilmiştir. Sondajlardan elde edilen veriler ışığında tüm saha kömür üretimine yönelik olarak planlanmış olup, 30.000.000 ton kömür rezervi hesabı yapılmıştır [10].

Termik Santrale kömür besleyecek ana sektörlerde uzun ayak tam mekanize yürüyen tahkimat sistemi ile üretim yapılacak şekilde hazırlık çalışmaları devam etmektedir. Hâlihazırda A sektöründe 250 metre arınlı tam mekanize uzunayak teşkil edilmiş olup çalışmalar devam etmektedir. Ayrıca D sektörü isimli ocakta hazırlık çalışmaları

tamamlanmış hazır bir mekanize ayak panosu bulunmaktadır. Ekipman kurulumu henüz gerçekleştirilmemiştir. Hazırlık galerileri Dosco marka tek kollu galeri açma makinasıyla açılmaktadır.

Sahadan çıkarılan linyit kömürünün yakılarak enerji üretilmesi için kurulmuş olan bir termik santral mevcuttur. Adularya Yunus Emre Termik Santrali 2x145 MW iki üniteden oluşmaktadır. Kazan dolaşimli akışkan yatak teknolojisi olup, buna ek olarak yarı-kuru tip baca gazı arıtma sistemi mevcuttur. Adularya Madencilik Enerji A.Ş'nin A Sektörü imalat haritası, Şekil 1'de verilmiştir [10].



Şekil 1. Adularya işletme sahası kömür rezervi

Ocak temiz hava giriş desandrisinin kesiti 24 m², uzunluğu 400 m olup eğimi 16°'dir. Ocak hava çıkış desandrisi kesiti 24 m², uzunluğu 350 m olup,

eğimi 13°'dir. Ocak hava çıkış desandrisi Şekil 2'de gösterilmiştir.

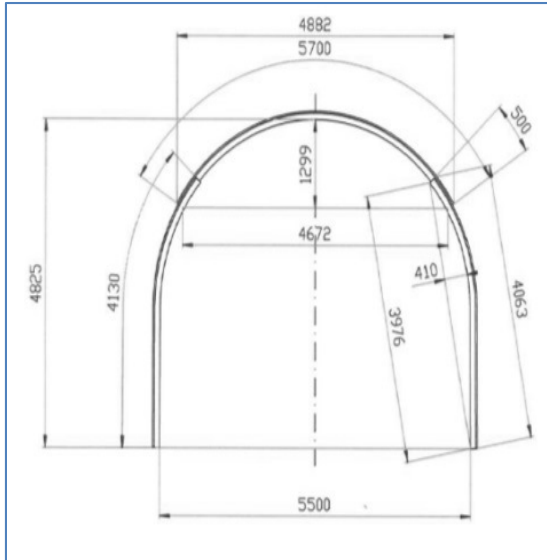


Şekil 2. Ocak hava çıkış desandrisi

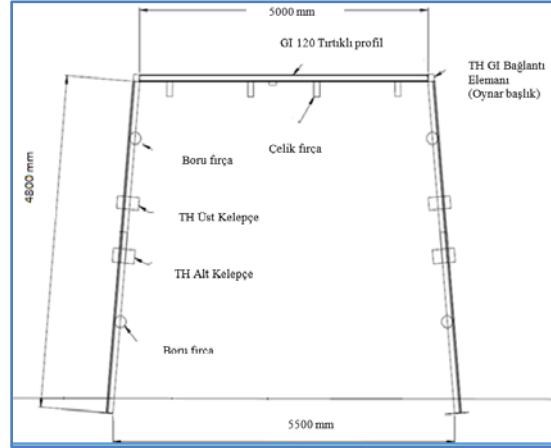
İşletmenin yeraltı ocağında galerilerde uygulanan kazı yöntemleri; galeri açma makinesi ile ilerleme ve delme patlatma yöntemidir.

2.1. Hazırlık Galerilerinde Tahkimat

Ocağa giriş ana galerilerin 100 m'lik kısımlarında beton tahkimat, devamında ise galeri kesitinin durumuna göre GI veya TH Çelik tahkimatı (Şekil 3 ve 4) uygulamaktadır. Ayrıca galerinin gerekli görülen kısımlarında shotcrete (püskürtme beton) uygulaması da yapılmaktadır.



Şekil 3. TH Tahkimat



Şekil 4. GI Tahkimat

2.2. Üretim Yöntemi

Adularya Madencilik A.Ş işletmesinde rezervin üretilmesi yeraltı işletme yöntemiyle yapılmakta olup, yeraltı üretim yöntemi olarak; “geri dönümlü arkadan geçertmeli uzun ayak üretim yöntemi” seçilmiştir. Taşta sürülen galerilerin kömür damarını kestiği noktalardan itibaren damarın doğrultusunda ve eğimine göre kömür içerisinde tavan-taban yolları sürülerek panolar oluşturulmuştur.

2.3. Havalandırma Sistemi

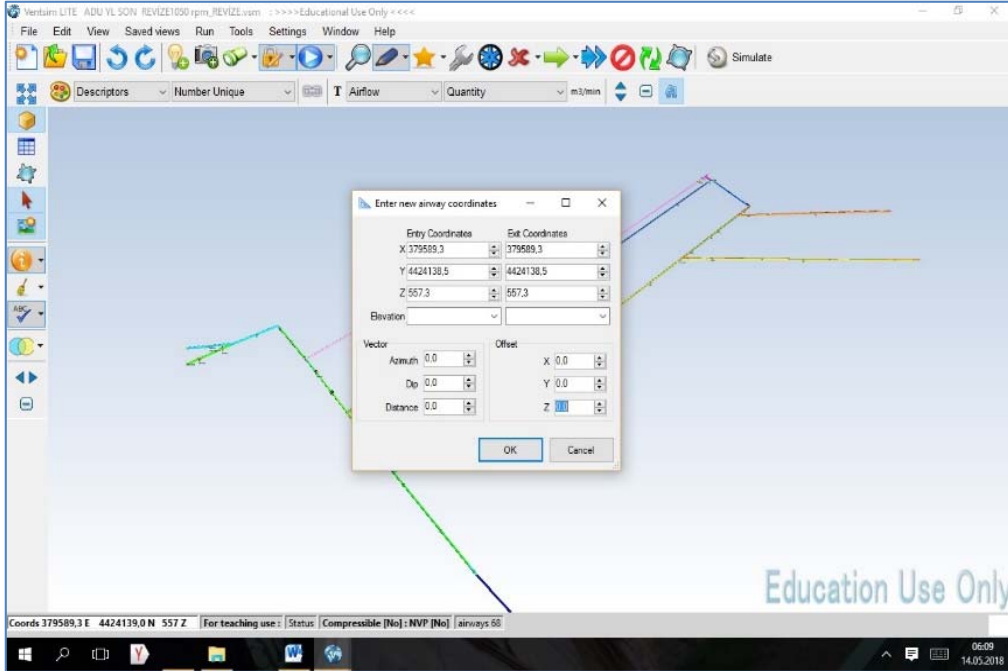
Ocak içerisinde düzenli olarak hava hızı, gaz değerleri ve sıcaklık ölçümleri yapılmaktadır. Ocak içerisinde havalandırma nefeslikten emici vantilatörle ve doğal havalandırma ile yapılmaktadır. Emici vantilatörler yedekli olarak çalışmakta, arıza olduğunda diğeri devreye girmektedir. Enerji kesilmesi vb. durumlarda otomatik olarak jeneratör devreye girerek bu emici ana vantilatörü çalıştırmakta olup, gücü 110 kW'dır. Ana havalandırma yanında yeraltında hazırlık galerilerinde tali vantilatörlerle de havalandırma yapılmaktadır.

3. VENTSIM® PROGRAMI İLE TASARIM

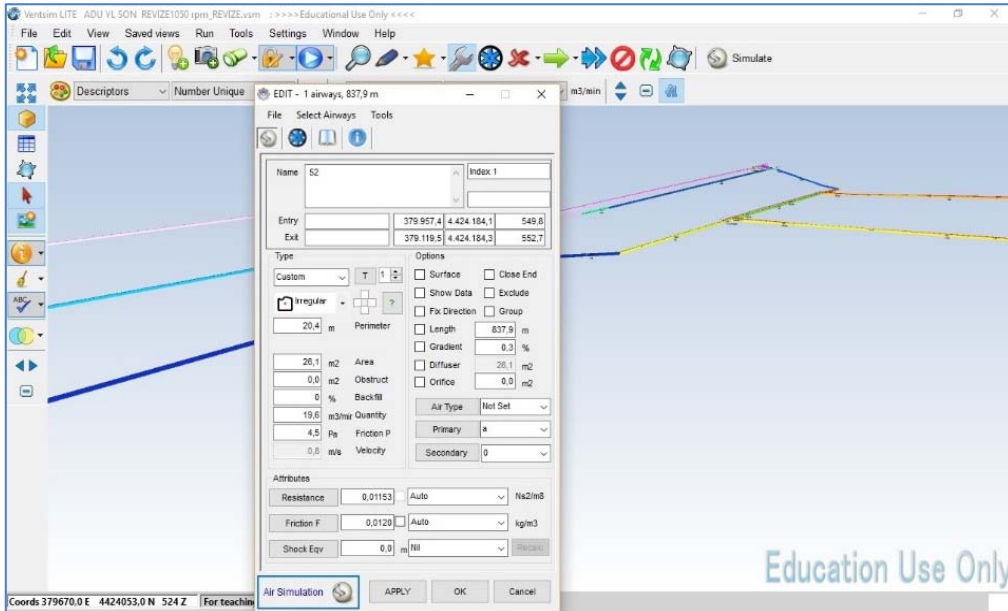
Ventsim® programı bir havalandırma tasarım programı olup, gelecekte oluşturulması düşünülen

panoların hava dağılımlarını analiz etmek amacıyla kullanılır. Hava yolu başlangıcı ve hava yolu bitişi için koordinat girişi aşağıda verilmiştir (Şekil 5).

Hava yolu, genişlik, yükseklik, tahkimat özelliği, sürtünme faktörü vb. verilerin girildiği pencere Şekil 6'da verilmiştir.

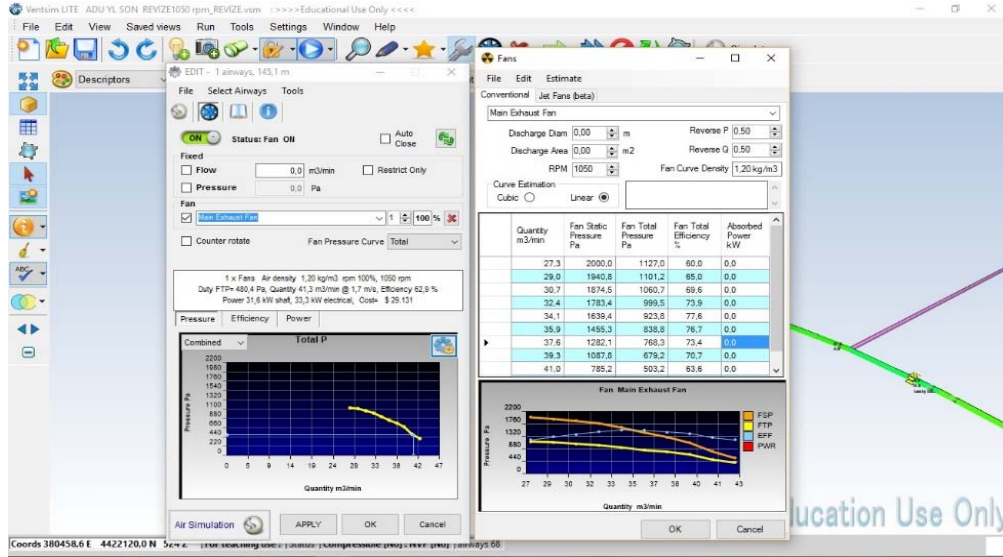


Şekil 5. Koordinat verileri giriş penceresi



Şekil 6. Hava yolu özellikleri veri giriş penceresi

Vantilatör eğrisini düzenlemek için Şekil 7’de verilen “Edit Fan Curve” sekmesi seçilerek vantilatör karakteristik eğrisi oluşturulmaktadır.



Şekil 7. Vantilatör çalışma koşullarının girildiği pencere

4. UYGULAMA ÇALIŞMASI

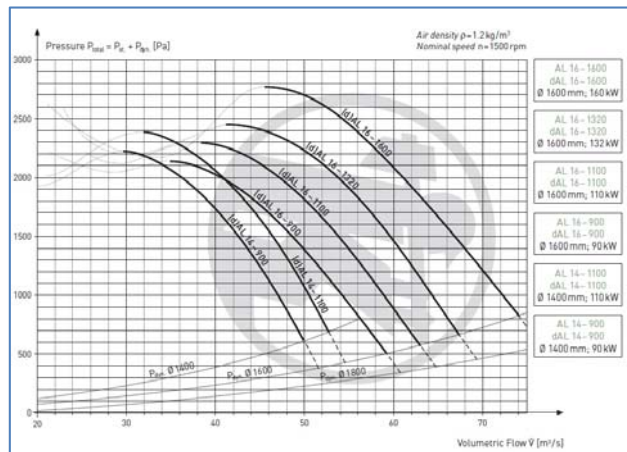
Adularya yeraltı kömür ocağı için Çizelge 1’de verilen bilgiler, yerinde yapılan çalışmalar ile belirlenmiştir. Bu bilgiler Ventsim® programı için temel oluşturmaktadır. Ocak içerisindeki ölçüm yapılan yerlerin x, y ve z koordinatları planlama biriminden alınmıştır. Havalandırma tasarımında eğim ve kesit farklılıkları dikkate alınarak galeri

bölmeleri oluşturulmuştur. Galeri bölümlerinde, o galerinin kesit ve eğimini temsil eden en uygun noktada hava hızı ölçümleri mobil anemometre EXTECH SDL 350 ile yapılmıştır. Kullanılan anemometre, Şekil 8’de verilmiştir.

Şirket Korfmann firmasının (dAL-1100) emici vantilatörünü kullanmakta olup, karakteristik eğrileri Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 8. EXTECH SDL 350



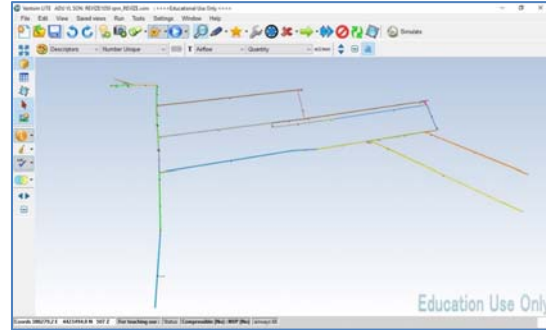
Şekil 9. Vantilatör karakteristik eğrileri

Çizelge 1’de, ölçüm yapılan noktalardaki hava hızı ve hava yollarının özellikleri verilmiştir.

Çizelge 1. Hava yollarının özellikleri

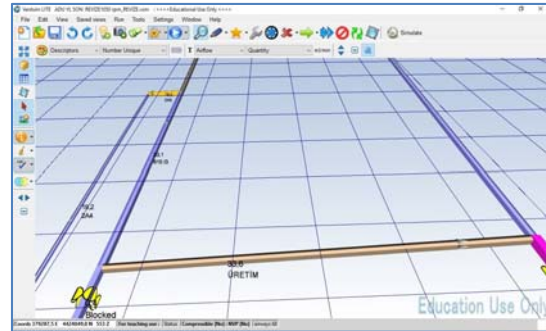
No	Ölçüm Noktası	Hava Hızı (m/sn)	Alan (m ²)	Debi (m ³ /dk)
	Kuzey Desandre	1,56	24,57	2299,752
1	A1	1,63	23,63	2311,014
2	A2	1,62	23,61	2294,892
3	A3	1,61	23,58	2277,828
4	A4	0,80	25,44	1221,120
5	A5	0,69	24,52	1015,128
6	A6	0,71	23,57	1004,082
7	A7	0,35	21,38	448,980
8	A8	0,34	21,43	437,172
9	A9	1,72	22,30	2301,360
10	A10	1,61	24,56	2372,496
11	A11	1,64	24,51	2411,784
12	D3	1,72	22,38	2309,616
13	51	0,89	24,83	1326,029
14	52	0,82	26,12	1285,104
15	53	0,89	24,62	1314,708
16	54	1,17	19,20	1347,840
17	55	0,55	17,95	592,350
18	56	1,18	18,20	1288,560
19	510K1	1,42	16,00	1363,200
20	510K2	1,39	15,80	1317,720
21	510 K3	0,59	15,20	538,080
22	HAZ 1410	0,63	18,35	693,630
23	HAZ 1409	0,67	17,42	700,284
24	2A1	1,50	14,50	1305,000
25	2A2	1,51	14,30	1295,580
26	2A3	1,54	13,45	1242,780
27	2A4	5,80	3,64	1266,720
28	2A5	1,06	19,78	1258,008
29	610/1	0,66	21,34	845,064
30	610/2	0,74	17,67	784,548
31	610/3	2,05	16,50	2029,500
32	ÜRETİM	1,91	17,50	2005,500
33	609/1	2,20	15,20	2006,400

Yukarıda verilen bilgiler sırasıyla Ventsim® programına girilmiş ve elde edilen tasarım Şekil 10’da verilmiştir.

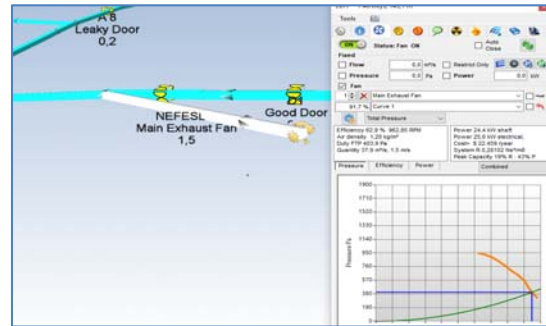


Şekil 10. A06 panosuna ait Ventsim® tasarımı

İşletmede A06 panosunda tam mekanize ayak ile üretim yapılmakta olup, ayakta geçen hava miktarı 33,5 m³/s olarak belirlenmiştir (Şekil 11). Püskürtme betonlu havayolları için sürtünme faktörü 0,0033 kg/m³, GI veya TH çelik tahkimatlı yollar için 0,012 kg/m³ alınmıştır. Ocağın eşdeğer direnci 0,28102 Ns²/m⁸ olarak belirlenmiştir. Hava giriş ve çıkış nefesliklerinde belirlenen hava hızları 1,5 m/s olup, vantilatör yaklaşık %92 kapasitede çalıştırılmaktadır (Şekil 12).



Şekil 11. Ayaktan geçen hava miktarları



Şekil 12. Hava çıkış nefesliğinde hız değerleri (m/s)

5. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Benzetim çalışmasının güvenilirliğini kanıtlamak için hipotez testi kullanılmıştır. Çizelge 2'de Ventsim® programından elde edilen sonuçlar ve ölçümlerden elde edilen değerler gösterilmiştir.

Çizelge 2. Ventsim® ve ölçüm değerleri

	İSİM	Ventsim®		Ölçüm		Debi Farkı
		Debi	Hız	Debi	Hız	
	Kuzey Desandre	37,9	1,5	38,3292	1,56	0,4292
1	A1	37,9	1,6	38,5169	1,63	0,6169
2	A2	37,9	1,6	38,2482	1,62	0,3482
3	A3	37,9	1,6	37,9638	1,61	0,0638
4	A4	18,4	0,7	20,352	0,8	1,952
5	A5	18,4	0,8	16,9188	0,69	-1,4812
6	A6	18,4	0,8	16,7347	0,71	-1,6653
7	A7	4,3	0,2	7,483	0,35	3,183
8	A8	4,3	0,2	7,2862	0,34	2,9862
9	A9	37,9	1,8	38,356	1,72	0,456
10	A10	37,9	1,5	39,5416	1,61	1,6416
11	A11	37,9	1,5	40,1964	1,64	2,2964
12	D3	37,9	1,5	38,4936	1,72	0,5936
13	51	19,5	0,8	22,1004	0,89	2,60048
14	52	19,5	0,7	21,4184	0,82	1,9184
15	53	19,5	0,8	21,9118	0,89	2,4118
16	54	19,5	1	22,464	1,17	2,964
17	55	8,3	0,5	9,8725	0,55	1,5725
18	56	19,5	1,1	21,476	1,18	1,976
19	510K1	19,5	1,2	22,72	1,42	3,22
20	510K2	19,5	1,2	21,962	1,39	2,462
21	510 K3	7,6	0,5	8,968	0,59	1,368
22	HAZ 1410	11,6	0,6	11,5605	0,63	-0,0395
23	HAZ 1409	11,3	0,6	11,6714	0,67	0,3714
24	2A1	19,2	1,3	21,75	1,5	2,55
25	2A2	19,5	1,4	21,593	1,51	2,093
26	2A3	19,5	1,4	20,713	1,54	1,213
27	2A4	19,5	5,3	21,112	5,8	1,612
28	2A5	19,5	1	20,9668	1,06	1,4668
29	610/1	14,1	0,7	14,0844	0,66	-0,0156
30	610/2	14,1	0,8	13,0758	0,74	-1,0242
31	610/3	33,5	2	33,825	2,05	0,325
32	ÜRETİM	33,5	2	33,425	1,91	-0,075
33	609/1	33,5	2,2	33,44	2,2	-0,06

5.1. Hipotez Testi

Teorik olarak veya geçmiş gözlemlere göre ana kütle ortalaması (μ) ve standart sapması (σ) bilinen bir kütleden, yeni bir teknoloji veya yöntem

uygulanması sonrası yapılan örnekleme sonucunda hesaplanan örnek kütle ortalamasının test edilmesinde H_0 hipotezi $H_0: \bar{X} = \mu$ şeklinde kurulur. Uygulanan yeni teknoloji veya yöntemin ana kütle ortalamasını değiştirmedeği kabulüne dayanan H_0 hipotezine karşıt olarak ise H_1 hipotezi üç farklı şekilde oluşturulabilir [11].

$$H_1: \bar{X} \neq \mu \quad (\text{Çift taraflı test})$$

$$H_1: \bar{X} > \mu \text{ veya } \bar{X} < \mu \quad (\text{Tek taraflı test})$$

Belirli bir α güven seviyesi için standart normal dağılım (Z) çizelgelerinden; tek taraflı test için Z_α , çift taraflı test için $Z_{\alpha/2}$ belirlendikten sonra red bölgesi tanımlanır.

Ortalamaların testinde, ana kütleden yapılacak çok sayıda örnekleme sonucunda elde edilecek örnek kütle ortalamalarının normal dağılıacağı varsayılarak, test istatistiği standart normal değer (Z_h) eşitliği yardımıyla hesaplanır.

$$Z_h = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma_x} \quad (1)$$

σ_x : Ana kütleden yapılan örnekleme sonucu elde edilen ortalamaların standart sapması olup,

$$\sigma_x = \frac{\sigma}{n} \quad (2)$$

kabul edilebilmektedir. Bu eşitlikte, σ : ana kütle ortalaması, n : örnek kütle ortalamasının örnek sayısıdır. Ana kütle standart sapmasının (σ) bilinmediği, fakat örnek kütle ortalamasının standart sapmasının (S) bilindiği durumlarda, örnek kütle ortalaması 30'dan büyük olduğundan $\sigma = S$ kabul edilebilmektedir.

Test istatistiğinin hesaplanması sonrasında $Z_h > Z_\alpha$ veya $Z_h < -Z_\alpha$ ise, Z_h red bölgesinde kalacağından H_0 hipotezi red edilir. Bunun tersi bir durumda ise Z_h kabul bölgesinde kalacağından H_0 hipotezi kabul edilir ve H_1 red edilir.

5.2. Ölçülen Hava Hızı ve Benzetim Değerlerinin Karşılaştırması

İşletmede ortalama hava hızı değerleri 1,3285 m/sn olarak ölçülmüştür. Ventsim® havalandırma benzetim programı kullanılarak tahmin edilen hava hızı ortalamaları ise 1,2471 m/sn olarak tespit edilmiştir. Tanımlayıcı istatistiksel bilgiler Çizelge 3’de verilmiştir. Bu iki değer arasında bir farklılık olup olmadığını test etmek amacıyla %95 güven seviyesinde ortalamaların testi kullanılmıştır.

Çizelge 3. Hava hızı için tanımlayıcı istatistikler

Hız	N	Min	Max	μ	σ
Ölçüm	34	0,34	5,80	1,3285	0,9399
Ventsim	34	0,20	5,30	1,2471	0,8815

$$H_0 : \bar{X} = \mu = 1,3285 \text{ m/sn}$$

$$H_1 : \bar{X} > \mu = 1,3285 \text{ m/sn (Tek taraflı test)}$$

$Z_h > Z_\alpha$ ise H_0 red edilir, H_1 kabul edilir.

Eşitlik 1 ve 2 kullanılarak $Z_h=0,5384$ olarak hesaplanmış ve $Z_h=0,5384 < Z_\alpha=1,645$ olduğundan H_1 hipotezi reddedilmiş ve H_0 hipotezi kabul edilmiştir. Ölçülen hava hızı değerleri ile Ventsim® benzetim programı ile belirlenen hava hızı değerleri arasında farklılık olmadığı söylenebilir.

5.3. Ölçülen Debi ve Benzetim Değerlerinin Karşılaştırması

İşletmede ortalama debi değerleri 23,7803 m³/sn olarak ölçülmüştür. Ventsim® havalandırma benzetim programı kullanılarak tahmin edilen debi ortalamaları ise 22,5941 m³/sn olarak tespit edilmiştir. Tanımlayıcı istatistiksel bilgiler Çizelge 4’te verilmiştir. Bu iki değer arasında bir farklılık olup olmadığını test etmek amacıyla %95 güven seviyesinde ortalamaların testi kullanılmıştır.

Çizelge 4. Debi için tanımlayıcı istatistikler

Debi	N	Min	Max	μ	σ
Ölçüm	34	7,29	40,20	23,7803	10,5795
Ventsim	34	4,30	37,90	22,5941	10,8597

$$H_0: \bar{X} = \mu = 23,7803 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$H_1 : \bar{X} > \mu = 23,7803 \text{ m}^3/\text{sn (Tek taraflı test)}$$

$Z_h > Z_\alpha$ ise H_0 red edilir, H_1 kabul edilir.

Eşitlik 1 ve 2 kullanılarak $Z_h=0,6369$ olarak hesaplanmış ve $Z_h=0,6369 < Z_\alpha=1,645$ olduğundan H_1 hipotezi reddedilmiş ve H_0 hipotezi kabul edilmiştir. $Z_h < Z_\alpha$ olduğundan H_1 hipotezi reddedilir, H_0 hipotezi kabul edilir. Ölçülen debi değerleri ile Ventsim® benzetim programı ile belirlenen debi değerleri arasında da farklılık olmadığı bulunmuştur.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yeraltı maden ocaklarında bilgisayar destekli havalandırma tasarımı maden mühendislerine büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Ventsim® havalandırma tasarım programı ile ocak toplam direnci, ocağa giren hava miktarı, kollardaki hava dağılımları, vantilatör gücü ve şebeke verimi kolaylıkla belirlenmektedir. Yeraltı ocaklarındaki havayollarının sürtünme faktörü değerlerini belirlemek için kullanılan standart tablolar dışında, benzetim çalışmalarıyla da gerçeğe yakın sürtünme faktörleri belirlenebilir. İşletmede ayaktan geçen hava miktarı 33,5 m³/s olarak belirlenmiş olup, hava giriş ve çıkış nefesliklerinde belirlenen hava hızları, 1,5 m/s’dir. Bu hız değerleri, “Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği” yönetmeliğinin belirttiği yasal sınırlar arasında kalmıştır. Püskürtme betonlu havayolları için sürtünme faktörü 0,0033 kg/m³, GI veya TH çelik tahkimatlı yollar için 0,012 kg/m³ alınmıştır. Ocağın eşdeğer direnci 0,28102 Ns²/m⁸ olarak belirlenmiş olup, vantilatör yaklaşık %92 kapasitede çalıştırılmaktadır. Yakın bir gelecekte üretim planlamasında yer alan diğer panolar çalışılmaya başlandığında, mevcut vantilatörün yetersiz kalacağı söylenebilir. Tasarım programları ile geleceğe yönelik tasarımlar başarılı bir şekilde yapılmakta olup, doğruluk seviyeleri de oldukça yüksektir. Bu çalışmada Adularya yeraltı kömür madeninden alınan veriler Ventsim® havalandırma tasarım programına girilmiş ve elde edilen sonuçlar gerçek verilerle karşılaştırılmıştır. Gerçek değerler

ile tasarım sonuçlarının benzer olması, kullanılan veri setinin güvenilir olduğunu göstermektedir. İşletme bundan sonraki tasarımlarında bu veri setini kullanarak geleceğe yönelik güvenilir planlamalar yapabilir.

7. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından 2017-1238 proje numarası ile desteklenmiştir.

8. KAYNAKLAR

1. Widzyk-Capehart, E., Watson, B., 2001. Agnew Gold Mine Expansion, Mine Ventilation Evaluation Using Ventsim, Proceedings of the 7th International Mine Ventilation Congress, Poland, 345-352.
2. Widzyk-Capehart, E., Fawcett, C., 2001. Life of Mine Ventilation Requirements for Bronzewing Mine Using Ventsim, Proceedings of the 7th International Mine Ventilation Congress, Poland, 815-822.
3. Wei, F., Fangping Z., Huiqing L., 2011. The Use of 3D Simulation System in Mine Ventilation Management, Procedia Engineering, 26, 1370-1379.
4. Exikis, A., Kapageridis, I.K., 2006. Simulation of Air and Contaminant Flow in Underground Mine Ventilation Networks, 2nd International Conference on Advances in Mineral Resources Management and Environmental Geotechnology (AMREG 2006), Greece.
5. Felsner, A., 2013. Application of Ventsim Visual at the Show Mine Erzberg, Montanuniversität Leoben. Department Mineral Resources and Petroleum Engineering, Bachelor Thesis.
6. Osgoui, R.R., Madani, H., 2003. Designing the Ventilation System for Galandroud Coal Mine, 18th International Mining Congress and Exhibition of Turkey, Antalya, 253-258.
7. Dilekçi, T., 2010. TTK Kozlu Müessesesi Ocakları Havalandırma Şebekesinin Kazemaru Havalandırma Programı Kullanılarak Çözümlemesi, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 182.
8. İnan, C., 2005. Çayırhan Kömür Madeni G Sahası için Havalandırma Modeli Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 66.
9. Dalgıç, A., 2001. Ventilation Design of the Guleman Kef Chromium Mine, Doktora Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 154.
10. Çakır, B., 2018. Yeraltı Maden Ocaklarında Bilgisayar Destekli Havalandırma Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 59.
11. Konuk, A., Önder, S., 1999. Maden İstatistiği, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları, Eskişehir.

