



YERALTI OCAKLARINDAKİ İKLİMSEL KOŞULLARIN  
ÖNCEDEN BELİRLENMESİ

(*THE SIMULATION OF CLIMATIC CONDITION  
IN UNDERGROUND MINES*)

Mustafa ÖNDER\*, Saim SARAÇ\*\*

ÖZET/ABSTRACT

Derin yeraltı ocaklarında üretime geçmeden önce, karşılaşılabilecek iklimsel koşulların önceden tahmin edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, iklimsel koşulların önceden belirlenmesinde kullanılan temel teori verilmiş, bu amaçla kullanılan paket programlardan CLIMSİM programının uygulama esasları tanıtılmıştır. TTK Kozlu Müessesesi yeraltı ocaklarının iklimsel koşullarının benzetimi amacıyla, -425 katında yerinde ölçümler yapılmış, bu ölçüm sonuçları veri olarak kullanılarak yakın gelecekte çalışılması planlanan -840 katında karşılaşılabilecek iklimsel parametreler CLIMSİM programı yardımıyla hesaplanmıştır. -840 katı giriş havasının yaz aylarında 28.07 °C kuru sıcaklık, 22.1 °C yaş sıcaklık ve 111.34 kPa basınç değerlerine sahip olacağı belirlenmiştir.

*The estimation of the expected climatic conditions is extremely important before production in deep underground mines. In this study, the principle theory used in the simulation of climatic conditions has been given and the use of the package program called CLIMSİM has been introduced. In-situ measurements have been done on -425 level, for the simulation of mine climate conditions in Kozlu Colliery Turkish Hardcoal Enterprises. The results of these measurements have been used as data. The simulation of climatic conditions for -840 levels, planned to be open in near future, has been performed by using CLIMSİM. It has been determined that the entrance air of -840 level will have dry bulb temperature of 28.07 °C, wet bulb temperature of 22.1 °C and barometric pressure of 111.34 kPa during summer months.*

ANAHTAR KELİMELELER/KEY WORDS

Ocak iklimi, Tabaka ısı, Ocak iklimsel koşullarının benzetimi, Türkiye Taşkömürleri Kurumu, Kozlu

*Mine climate, Strata heat, Simulation of mine climate conditions, Turkish Hardcoal Enterprises, Kozlu*

---

\* Osmangazi Üniversitesi, Maden Müh. Bölümü, ESKİŞEHİR

\*\* Süleyman Demirel Üniversitesi, Maden Müh. Bölümü, ISPARTA

## 1. GİRİŞ

İnsanlığın hammadde ve enerji talebinin hızla artması, özellikle kömür madenciliğinde üretim miktarlarının artırılmasını gerektirmektedir. Yeryüzüne yakın olan, açık işletmecilikle veya sığ yeraltı işletmeciliği ile üretilebilecek cevherlerin çok azalmış olması ise konunun başka bir boyutudur. Bu durumda, talebi karşılayabilmek için kaçınılmaz olarak daha derinlere inilmekte ve derin ocak işletmeciliğine gidilmektedir. Bu eğilim, yüksek miktarda üretim yapılmayan ve sığ derinlikte çalışılan ocaklarda yoğun olarak yaşanmayan bir sorunu da beraberinde getirmektedir. Hava kalitesi ve iklim sorunu.

Bilindiği gibi yeraltında derinlere inildikçe kayaç sıcaklığı artmakta, buna paralel olarak çevre kayaçlarla sürekli olarak temas ederek hareket eden havalandırma havasının sıcaklığı da artmaktadır. Çalışılan pano sayısının ve üretimin yüksek tutulması, kazıda mekanizasyon uygulanması, diğer işlerde de mekanik ekipmanın yoğun olarak kullanılması, kızışma riskinin yüksek olması gibi diğer faktörlerin de katkısıyla, derin ocaklarda en büyük çevre sorunlarından biri olarak sıcaklık problemi ön plana çıkmaktadır. Bu tür ocaklarda, yeni yeryüzü bağlantılarının oluşturulmasının güç ve pahalı olması, havalandırma havasının izlediği yolun uzunluğu, otokompresyon etkisi ile havanın sıcaklık ve basıncının daha da artması, etkili bir havalandırma için çok sayıda vantilatöre gereksinim duyulması, sıcaklık sorunu ile mücadelede havalandırma mühendisinin çözüm alternatiflerini önemli ölçüde kısıtlamaktadır.

Tüm olumsuzluklara karşın, iklim sorunları çözümlenmeli, derin ocaklarda üretim yapılmalı, yeraltı kaynakları insanlığın hizmetine sunulmalıdır. Bu anlamda havalandırma mühendislerine önemli görevler ve sorumluluklar düşmektedir. İklim sorununu ve derin ocaklar için daha anlamlı olan sıcaklık sorununu aşmanın yolu ise, sorunu tanımaktan, kaynaklarını ortaya koymaktan ve bu kaynakların etkisini azaltmaktan geçer. Derin ocaklarda üretime geçmeden önce, daha projelendirme aşamasında ilgili parametreler hesaba katılmalı, üretime geçildiğinde karşılaşılabilecek sıcaklık seviyelerinin kestirimi yapılmalıdır. Öngörülen iklim koşullarının iyileştirilmesine yönelik önlemler de bu yaklaşımların temelinde geliştirilmelidir. Yanlış öngörüler, üretime geçildiğinde kalitesiz hava ve kötü iklim koşullarıyla karşılaşılmasına yol açabilecek, çalışma verimini düşürecek, üretim maliyetlerini artıracak, kaza ve hastalıklara neden olabilecek ve hatta söz konusu ocakta üretimin sürdürülmesini olanaksız kılacaktır.

Türkiye yeraltı madenciliğinde günümüze değin sığ derinliklerde çalışılmış, sıcaklık sorunu çok yoğun biçimde yaşanmamıştır. Türkiye madencilik literatüründe sıcaklık sorununu temel alan araştırmalar şunlardır:

Güyağüler, derin ocaklardaki sıcaklık sorununu teorik olarak irdemiş, oluşan ısının ortamdan uzaklaştırılma yöntemlerini tanıtmıştır (Güyağüler, 1988). Zonguldak havzasında daha derinlere inildiğinde yüksek sıcaklık sorununun gündeme geleceğini ve hava soğutma sistemlerinin kurulması zorunluluğunun ortaya çıkacağını ileri sürmüştür. Ayvazoğlu ve Er, TTK Kozlu Taşkömürü Ocaklarında ocak iklim koşullarının psikrometrik analizini yapmışlardır (Ayvazoğlu ve Er, 1989). Bu analiz sonucunda bölgede henüz soğutma sistemlerinin kurulmasına gerek olmadığı, fakat ocağa gönderilen hava miktarının yeterli düzeye getirilmesi gerektiğini öne sürmüşlerdir. Güyağüler ve Önder yapmış oldukları çalışmada OAL (Orta Anadolu Linyitleri) Kömür Ocaklarında ocak havasının psikrometrik koşullarını analiz etmişlerdir (Güyağüler ve Önder, 1990). Kavşak noktalarında ve ayak içlerinde gerekli ölçümleri yaparak, elde ettikleri sonuçları yorumlamışlardır. Benzer bir çalışma Papila ve Didari tarafından TTK Karadon bölgesi yeraltı ocakları için yapılmış ve ocağa giren havanın ısınma ve nemlenme seviyeleri belirlenmiştir (Papila ve Didari, 1996). Önder ve Güyağüler, TTK Karadon Bölgesi yeraltı ocaklarında kayaç sıcaklıklarını ölçmüşler

ve bölge için jeotermik değişim değerini belirlemeye çalışmışlardır (Önder ve Güyagüler, 1995). Bu bölgede bakir kayaç sıcaklığı artışının her 100 m derinlikte 2.275 °C olduğunu hesaplamışlardır.

İlerleyen yıllarda Türkiye kömür madenciliği kaçınılmaz olarak daha derinlere kayacak ve çalışma ortamındaki hava sıcaklıklarının yüksek olması, bir sorun olarak kendini gösterecektir. Sıcaklık sorunu üzerinde, belirli evrensel kuralların dışında pek çok yöresel parametrenin de etkili olması, yöresel araştırmaların geliştirilmesini gerektirmektedir.

## 2. ISI YÜKÜ VE OCAKLARDAKİ ISI KAYNAKLARI

Bir yeraltı maden ocağının "ısı yükü", havalandırma sistemi içinde gelişen tüm ısı transferlerinin toplamı olarak tanımlanır. Isı yükü, bir ocağın tümü, bir bölümü veya tek bir hava yolu için hesaplanabilir. Isı yükünü ve bir ocaktaki iklim koşullarını doğrudan etkileyen temel ısı kaynakları; çevre kayaçların jeotermal ısısı, havalandırma havasının otokompresyonu ve makinelerin yaydığı ısı olarak sıralanabilir. Bu temel kaynakların dışında, yerel koşullara göre az veya çok etkin olabilen diğer kaynaklar ise; çatlaklardan sızan ve hava yolu boyunca akan kanal suları ısısı, oksidasyon sonucu açığa çıkan ısı, ateşleme sonrası açığa çıkan ısı, tabaka ve kayaç hareketi ile açığa çıkan ısı, kazılıp nakledilen cevherden yayılan ısı, metabolizmanın yaydığı ısıdır.

### 2.1. Jeotermal Isı

Derin ocaklarda en önemli ısı kaynağı, çevre kayaçların sahip olduğu jeotermal enerjidir. Bu enerji seviyesini ve bu kaynaktan gelen ısı akımını etkileyen birçok faktör olmasından dolayı, bu kaynağın analizi ve bu kaynaktan gelen ısı akımının kestirimi güçtür.

Yerkabuğunu oluşturan kayaçların sıcaklığı bakir kayaç sıcaklığındadır. Bu kayaçların içinde ve civarında bir yeraltı boşluğu oluşturulduğunda, çevre kayaçlarla havalandırma havası arasında bir ısı alışverişi gelişir. Kayaç sıcaklığı ortam havasının sıcaklığından farklı ise, ya havadan kayaca ya da kayaçtan havaya ısı transferi oluşur. Derin ocaklarda yan kayaç sıcaklığı yüksek olduğundan bu transfer havanın ısınmasına yol açar. Bu ısı alışverişinin şiddeti zamanla düşer. Hava yollarının çevresindeki kayaç kütleleri zamanla soğur, kayacın yüzey sıcaklığı hava sıcaklığına doğru azalır ve hava yolu çevresinde soğumuş bir kayaç zonu oluşur.

Isı alışverişinin şiddeti bu iki ortamın sıcaklıkları arasındaki farka bağlıdır. Kayaç ve hava arasındaki ısı değişim şiddeti ve ısı değişim oranı zamanla azalarak bir denge konumuna ulaşır. Bu gelişimi etkileyen çok sayıda faktörün olması ve bu faktörlerin de birbirlerini denetlemeleri, bu kaynaktan gelen ısı seviyesini belirlemeyi güçleştirmektedir. Söz konusu faktörler; hava yolunun boyutları ve geometrisi, hava yolunun yüzeyden derinliği ve eğimi, hava yolu yüzeyinin ıslaklığı, hava yolu yüzeyinin pürüzlülüğü, cevher üretim miktarı ve parçalanma oranı, hava yolu sürüldükten sonra geçen zaman, hava yolundan akan hava miktarı, hava yolu başlangıcındaki barometrik basınç, yaş ve kuru sıcaklık, bakir kayaç sıcaklığı, hava giriş kuyusundan olan uzaklık, jeotermik değişim ve jeotermal adım, kayacın termal özellikleri, diğer ısıtma veya soğutma kaynakları olarak verilebilir (Mc Pherson, 1984; 1993; Pickering ve Tuck, 1997).

### 2.1.1. Kayaç Isı Yükünü Belirleme Yöntemleri

Bir ocağın iklim koşullarını önceden tahmin edebilmek için her şeyden önce karşılaşılabilecek kayaçların ısı yüklerini belirlemek gerekir. Bu işlem için literatürde ampirik, yarı ampirik, teorik ve bilgisayar benzetimi esaslı çok değişik yöntemler bulunmaktadır. Bilgisayar ortamında benzetim tekniklerinin geliştirilmesinden önceki yıllarda kayaçların ısı yükü ölçümlerle belirlenmekteydi (Hemp, 1982).

Ampirik teknikler basit eşitlikler üretilmesi şeklinde ortaya çıkmış, giderek gelişip grafikler ve abaklar şeklinde ifade edilerek uygulama sınırlarını genişletmişlerdir. Bu yöntemler bir ocağın tümü veya belli bir bölümü için, ısı yükünün hesaplanmasına bir yaklaşım sağlamaktadırlar.

Yarı ampirik yöntemler, basit teorik yöntemler veya benzetim teknikleri ile pratik tecrübe ve gözlemsel verileri birleştirmeye çalışırlar. Özel bazı koşullar olması durumunda daha önce verilen değişkenlerden bazılarının sonuçlar üzerindeki etkileri sınırlıdır. Bu zayıf parametrelerin ihmal edilmesiyle ve benzetim tekniklerinin de kullanılmasıyla sadece özel koşullar altında kullanılabilecek bir ısı akımı yaklaşımı veren basit eşitlikler geliştirilmiştir (McPherson, 1993).

Kayaçlardan kaynaklanan ısı akımının miktarının belirlenmesinde kullanılan teorik yöntemlerde üç boyutlu dairesel ısı nakli kullanılır ve eşitliklerin karmaşıklığından dolayı pratik uygulamalar için kullanışlı olmayabilir. Bununla beraber, geliştirilmiş olan teoriler ocak ikliminin ayrıntılı tahmini için kullanılan bilgisayar benzetim paket programları için temel oluşturmuştur.

Duyarlı ve ayrıntılı planlama için bir ocak iklimi benzetim programı kullanılmalıdır. Bu programlar tüm iklimsel değişkenleri hesaba katacak şekilde geliştirilmiştir. Bunlar tek bir hava yolu için kullanılabileceği gibi hava yollarının bir kombinasyonu için de kullanılabilirler. İklimsel benzetim programları ısı yükü hesaplamalarından daha da ileri giderek, bir ocaktaki psikrometrik koşulların tahmin edilmesinde de kullanılır olmuşlardır (McPherson, 1993).

### 2.1.2. Üç Boyutlu Dairesel Isı Nakli

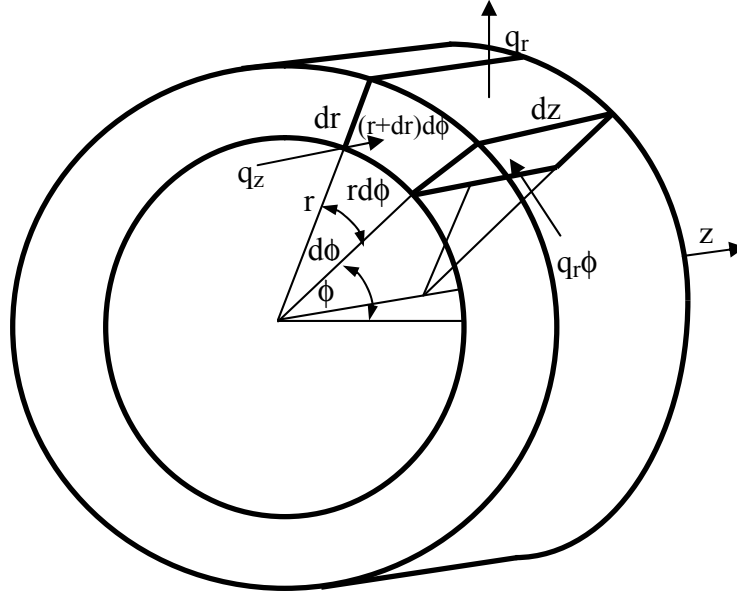
Yeraltı hava yolları çevresindeki kayaç tabakalarındaki sıcaklık, hem kayaç içerisine doğru olan uzaklıkla hem de zamanla değişir. Bu nedenle problem, yerin ve zamanın bir fonksiyonu olarak kayacın sıcaklığını tanımlayan genel bir eşitlik türetmektir. Olayı basitleştirmek için kayacın termal özelliklerinin hem uzaklık hem de zaman ile sabit kaldığı kabul edilir (McPherson, 1993).

Şekil 1 bir yeraltı hava yolunun çevresindeki tabakanın bir kütesini temsil etmektedir. z eksenini doğrultu olarak galeriyi temsil eder. Kayaç içerisindeki herhangi bir noktanın konumu z, r ve  $\phi$  değerlerinin tanımlanmasıyla belirlenebilir. Burada r, noktanın merkezden uzaklığı,  $\phi$  ise r'nin yatay düzlemlerle yaptığı açıdır.

Merkezden r kadar uzaklıkta, kayacın ince bir halkası içinde, küçük bir ikizkenar yamuğun uzandığı kabul edilir. Yamuğun uzunluğu dz ve yüksekliği dr'dir. İç genişlik  $r*d\phi$  ve dış genişlik ise  $(r+dr)*d\phi$  olur. Bu yamuğun içerisinden geçen ısı akımının analizi ancak r,  $\phi$  ve z yönlerindeki ısı akımının analiz edilmesiyle başarılabilir. Bu analiz sonucunda aşağıdaki eşitlik elde edilir (McPherson, 1986).

$$\alpha \left( \frac{\partial^2 \theta}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \theta}{\partial r} \right) = \frac{\partial \theta}{\partial t} \quad (1)$$

Eşitlik 1, ocak iklimi benzetim programlarında, kayalardan ısı akışının belirlenmesinde kullanılan eşitliklerin temelini oluşturur.



Şekil 1. Dairesel ısı akışı

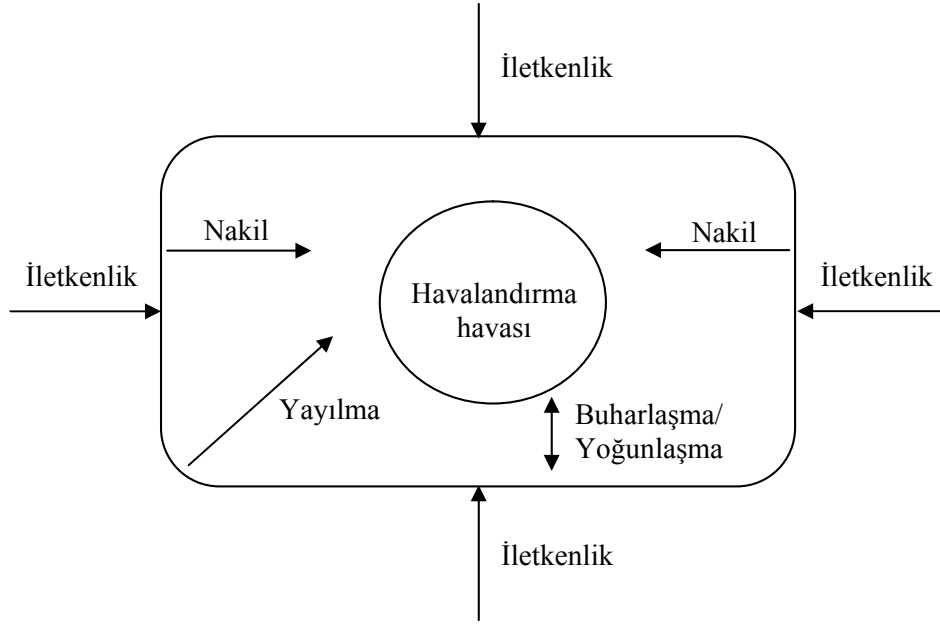
### 2.1.3. Havayolları için ısı transferi

Isı iletim analizlerinde, sıcak zondan soğuk zona akan ısı tarafından izlenen yol dikkatle incelenmelidir. Isı, katı bir kütleden diğer bir katı kütleye iletkenlikle geçer. Isı geçişi katı bir yüzeyden yakınındaki bir akışkana nakille, bir hava boşluğu boyunca bir katı yüzeyden diğerine ise yayılmayla geçer. Hava ile temas eden bir yüzeyde buharlaşma veya yoğunlaşma olduğunda, olayın şiddetine bağlı olarak bir gizli ısı nakli oluşur. Bu süreçlerden bir kaçını birbirini etkilemeksizin aynı zamanda oluşabilir.

Şekil 2’de tabanı nemli ve dikdörtgen kesit alanlı bir hava yolu içerisinde oluşabilecek ısı nakilleri şematik olarak gösterilmiştir (Von Glehn vd., 1987).

### 2.1.4. Dairesel ısı nakil eşitliğinin çözümü

Bir hava yolunun çevresindeki sıcaklığın zaman ve mesafeye bağlı değişimini ifade eden (1) eşitliğinin, kayaktan havaya olacak ısı emisyonunu belirleyecek pratik bir biçime dönüştürülmesi gerekir. Bu dönüşüm sonucunda kayaktan kaynaklanan ısı akışının direkt olarak belirlenebilmesi için aşağıdaki temel eşitlik geliştirilmiştir (Mc Pherson, 1986).



Şekil 2. Hava yolu içerisinde ısı akış süreçlerinin şematik gösterimi

$$q = h \cdot \frac{G}{B} \cdot (VRT - \theta_d) \quad (2)$$

- $q$  : Kayaçlardan kaynaklanan ısı akımı,  $W/m^2$   
 $h$  : Isı transfer katsayısı,  $W/m^2 \cdot ^\circ C$   
 $G$  : Kayaç yüzeyindeki boyutsuz sıcaklık değişimi  
 $B$  : Boyutsuz ısı transfer katsayısı  
 $VRT$  : Bakır kayaç sıcaklığı,  $^\circ C$   
 $\theta_d$  : Hava akımının kuru sıcaklığı,  $^\circ C$

### 3. YERALTI OCAKLARININ İKLİMSEL KOŞULLARININ BENZETİMİ

İklimsel benzetim çalışmaları, var olmayan fakat ileriki aşamalarda üretim çalışmaları daha derinlere kaydırıldığında açılacak olan seviyelerde karşılaşılabilecek iklimsel koşulların önceden tahmin edilmesi amacıyla yapılan yaklaşımlardır. Benzetim çalışmaları sonucunda hesaplanan sayısal değerler şüphesiz, tasarımı yapılan kat açıldığında ölçülecek gerçek değerlerden bir miktar sapma gösterecektir. Bu sapmaların olabildiğince küçük olması, benzetim çalışmasının başarılı ve güvenilir olduğunu belirtir.

Yeni açılacak olan bir katın ya da ocağın benzetim çalışmasını yapmadan önce, var olan bir kat ya da ocakta gerçek koşulları yansıtan ölçümler yapılır. Referans olarak alınan bu kat ya da ocak için ayrıca benzetim çalışması yapılarak gerçek ölçüm değerleri ile benzetim sonuçları karşılaştırılır. Her iki çalışmanın sonuçları arasındaki sapmaların yeterince düşük olması, yeni açılacak kat için yapılacak benzetim çalışmalarının da güvenilir olacağı sonucunu verir.

Yeraltı ocaklarındaki iklimsel koşulların belirlenmesinde ocak iklimi benzetim programlarının kullanılması havalandırma mühendislerine büyük kolaylık sağlar. Yeraltı koşullarının iklimsel benzetiminin yapılmasında en yaygın olarak kullanılan paket program CLIMSİM'dir (MVS, 1997). Program, göz önüne alınan havayolunu eşit uzunlukta ünitelere bölerek işlem yapmaktadır. Her bir uzunluk boyunca kayaç yüzeyinden hava akımı içerisine

transfer olan ısı miktarı, kayaç yüzeyinin ıslak veya kuru olması dikkate alınarak belirlenir, otokompresyonun etkisi de hesaba katılır.

CLIMSİM, homojen bir kayaç kütesinden geçerek dairesel bir tünel içerisine transfer olan ısı akımını analiz eder. Pratikte ise ocak hava yolları genellikle dairesel değildir ve açıklığı çevreleyen kayaçlar da homojen olmayabilir. Bu düzensizlikler CLIMSİM tarafından dikkate alınmaz ve hava yolu boyunca dairesel ısı akışının geçerli olduğu kabul edilir. Böylece gelecek planlamalar için, korelasyon çalışmalarıyla verilerin duyarlılığını artırmak büyük önem taşımaktadır.

Kayaç ısısına ilave olarak, makinalardan ve diğer kaynaklardan açığa çıkan ısıyı da hesaba katmak mümkündür. CLIMSİM ısı kaynaklarını iki kategoriye böler. Bunlar, noktasal ısı kaynakları ve yayılı ısı kaynaklarıdır. Noktasal ısı kaynakları da kendi arasında, makinalar ve diğer ısı kaynakları olarak ikiye ayrılır. Noktasal ısı kaynağı olan makinalar yalnızca kısa bir mesafe boyunca hareket ederler veya çalışma zamanının büyük çoğunluğunda belli bir yerde dururlar. Bunlara örnek olarak trafolar, motorlar ve kırıcılar verilebilir. Makina dışındaki noktasal ısı kaynaklarına ise hafriyat yığını veya su havuzu örnek olarak verilebilir. Yayılı ısı kaynakları bantlı konveyör, üzeri açık su kanalları, borular ve hava yolu boyunca hareket eden makinelerdir. Her bir ısı kaynağının yeri hava yolunun başlangıcına göre belirlenmelidir.

### 3.1. CLIMSİM İklimsel Benzetim Programının Kullanımı

CLIMSİM iklimsel benzetim programı için gerekli veriler şunlardır;

ü Hava yolunun başlangıcındaki

- Kuru sıcaklık, yaş sıcaklık, barometrik basınç, hava akımı miktarı

ú Hava yolunun

- Uzunluğu, başlangıç ve bitiş seviyeleri, kesit alanı, çevresi, sürtünme faktörü, ıslaklık faktörü, başlangıç ve bitiş noktalarının yaşları

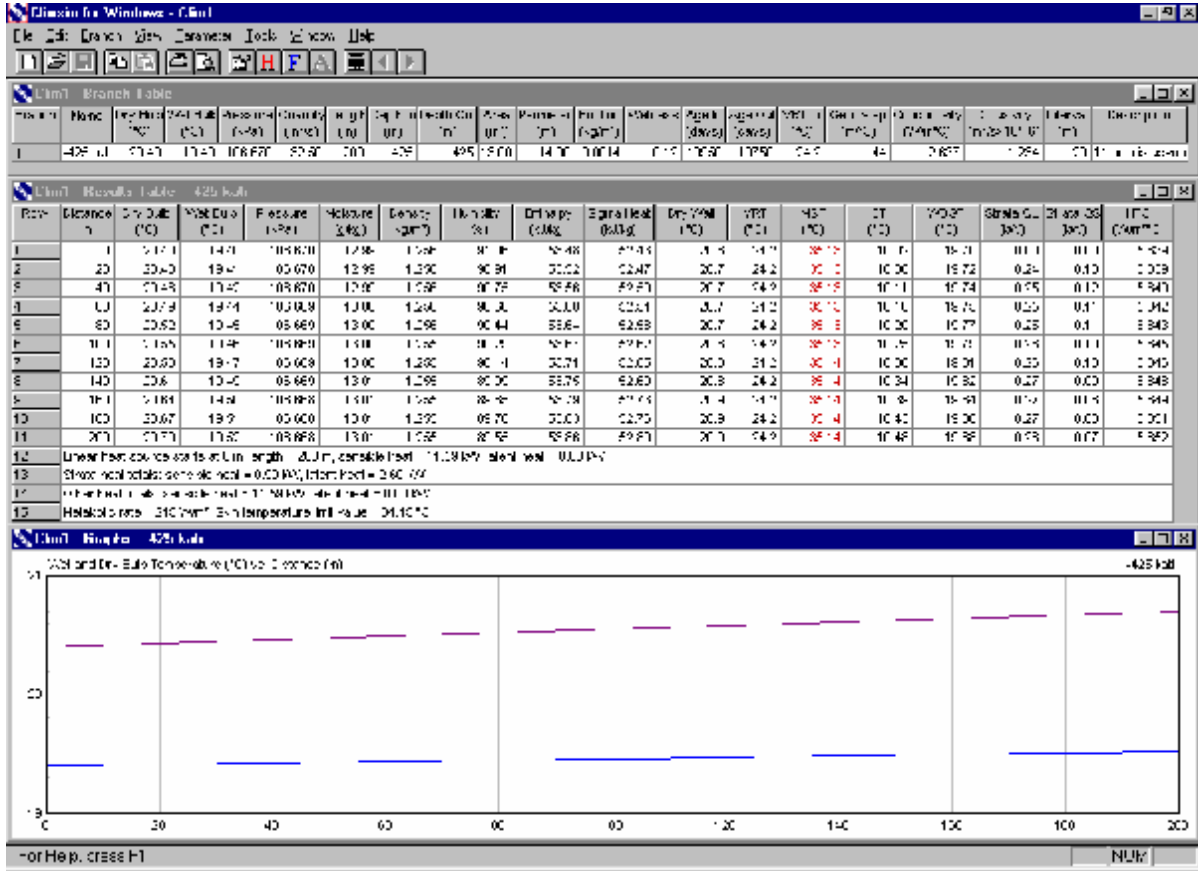
ú Kayaç kütesinin

- Bakir kayaç sıcaklığı, jeotermal adım, ısı iletkenliği, ısı yayılımı

ú Benzetim sonuçlarının hangi aralıklarla alınmak istendiği

CLIMSİM iklimsel benzetim programına verilerin girilmesi “*View*” menüsü altındaki “*Branch Table*” seçeneği ile yapılır. Gerekli veriler girildikten sonra “*Tools*” menüsündeki “*Execute*” seçeneğinin seçilmesiyle veya “F10” fonksiyon tuşuna basılmasıyla benzetim işlemleri yapılır. Benzetim sonuçları “*View*” menüsü altındaki “*Results Table*” seçeneği ile görüntülenir. “*View*” menüsü altındaki “*Graphs*” seçeneğinin seçilmesiyle de havayolu boyunca mesafeye göre kuru ve yaş sıcaklıklar, barometrik basınç, nem içeriği, yoğunluk, bağıl nemlilik, entalpi, sigma ısı ve etkili sıcaklık değişimleri grafiksel olarak verilir. CLIMSİM programında kullanılan temel pencereler Şekil 3’te gösterilmiştir.

Bu verilere ek olarak makinalardan ya da diğer ısı kaynaklarından ocak havasına karışan ısı kaynaklarının da belirlenerek benzetime dahil edilmesi gerekir. Söz konusu ısı kaynakları da “*Branch*” menüsü altındaki “*Heat Sources*” seçeneği kullanılarak programa girilir.



Şekil 3. Benzetim verilerinin ve sonuçlarının gösterildiği pencere

Benzetim programına girilen verilerden bazıları kesin olmakla birlikte, bazı veriler için tahmini değerler kullanılır. Kesinliği az olan bu tahmini değerleri korelasyon çalışmaları ile yeterli duyarlılığa ulaştırmak gerekir. Hava yolunun her iki ucunun yaşları ve derinlikleri, hava akımının debisi, hava yolunun boyutları ve hava akımının başlangıç koşulları güvenle belirlenebilirken, aşağıdaki parametrelerin korelasyon çalışmaları ile bölge koşullarına uygun hale getirilmesi gerekir.

- Tabakaların ısı iletkenliği
- Tabakaların ısı yayılımı
- Islaklık faktörü
- Makina kullanımı
- Isı ve nemliliğin diğer kaynakları

Bu parametreler için duyarlılık çalışmalarının yapılmasında belli bir mantıksal yol izlenir. Öncelikle yeraltında yerinde ölçüm yapılmış olan bir hava yolu için geçerli olan veriler kullanılarak bilgisayar programı çalıştırılır. Bu verilerin bir kısmı kesin veriler, bir kısmı ise tahmini değerlerdir. Program sonuçları ile, yerinde ölçüm değerleri karşılaştırılarak aradaki sapmalar yorumlanır. Hesaplanmış ve yerinde ölçülmüş değerler arasında önemli sapmalar gözlenmesi durumunda, tahmini veriler mantıklı biçimde düzeltilerek program yeniden çalıştırılır.

### 3.2.TTK Kozlu Müessesesi İklimsel Koşullarının Benzetimi

Bu çalışmada TTK Kozlu Müessesesi yeraltı ocağının -425 katındaki iklim koşulları yerinde ölçümlerle belirlenmiş, söz konusu kat için CLIMSIM programı kullanılarak



benzetim sonuçları da alınmıştır. Bu iki veri grubunun birbirine yeterince yakın olması, benzetim çalışmasının güvenilir olduğu, henüz var olmayan –840 katı için yapılacak bir benzetim çalışmasının da güvenilir olacağı anlamına gelecektir.

-425 katı için yapılan ölçüm ve benzetim çalışmaları sonucunda kesinliği az olan başlangıç verileri korelasyon çalışmaları ile incelenmiş ve duyarlılıkları artırılmıştır. Aşağıda verilen veri grubu kullanılarak yapılan benzetim sonucunda, yerinde alınan ölçüm değerlerine oldukça yakın değerler bulunmuştur. Benzetimde kullanılan veriler:

Kuru sıcaklık	: 20.4 °C
Yaş sıcaklık	: 19.4 °C
Barometrik basınç	: 106.67 kPa
Hava akımı miktarı	: 32.5 m <sup>3</sup> /s
Hava yolu uzunluğu	: 200 m
Hava yolunun başlangıç kotu	: - 425 m
Hava yolunun çıkış kotu	: - 425 m
Kesit alanı	: 13 m <sup>2</sup>
Çevresi	: 14 m
Sürtünme katsayısı	: 0.00143 kg/m <sup>3</sup>
Islaklık yüzdesi	: % 12
Hava yolunun girişinin yaşı	: 10950 gün
Hava yolunun çıkışının yaşı	: 10750 gün
Bakir kayaç sıcaklığı	: 24.17 °C
Jeotermal adım	: 43.96 m <sup>o</sup> C
Kayacın ısı iletkenliği	: 2.637 W/m <sup>o</sup> C
Kayacın ısı yayılımı	: 1.234*10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> /s
Sonuçların istendiği aralık	: 20 m
<u>Kayaç dışı ısı kaynakları</u>	
Tanımı	: Akülü lokomotif (Hava yolu boyunca yayılı)
Güç	: 77.25 kW
Kullanım yüzdesi	: % 15

Bu veri grubundan kayacın ısı iletkenliği, ısı yayılımı ve ıslaklık yüzdesi aynen kabul edilmiş, diğer verilerde yerinde alınan ölçüm çalışmaları ile tekrar belirlenerek yakın gelecekte üretime geçilmesi planlanan –840 katındaki sıcaklık ve basınç değerleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Yapılan benzetim çalışması için ortalama yaz koşulları dikkate alınmış ve kuyu boyunca karşılaşılabilecek olası sıcaklık ve basınç değerleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Kuyu boyunca karşılaşılabilecek olası sıcaklık ve basınç değerleri

Sıcaklık °C Basınç, kPa	Katlar					
	Yeryüzü	-200	-300	-425	-560	-840
Kuru Sıcaklık	22.4	23.79	24.47	25.29	26.14	28.07
Yaş Sıcaklık	18.36	19.22	19.65	20.19	20.78	22.1
Basınç	101.33	103.612	104.773	106.256	107.888	111.344

#### 4. SONUÇLAR

TTK Kozlu Müessesesi için şu anda ciddi bir iklimsel problem yoktur. Fakat çalışmaların daha derinlere inmesiyle, gerek hazırlık gerekse üretim faaliyetleri, yüksek sıcaklık ve nem nedeniyle zorlaşacaktır. Yakın gelecekte üretime geçilecek olan -840 katındaki giriş havasının sıcaklık probleminin en yoğun yaşanacağı yaz aylarında 28.07 °C'lik kuru sıcaklık, 22.1 °C'lik yaş sıcaklık ve 111.34 kPa'lık basınç değerine sahip olacağı hesaplanmıştır. Sağlıklı ve güvenli çalışma koşullarının sağlanması için 28 °C kuru sıcaklık değerinin aşılması gerekir. Özellikle nem içeriği fazla olan ocaklarda bu sıcaklık değerinin etkisi daha fazla olmakta ve nemlilik derecesine bağlı olarak daha aşağı değerlerde tutulması gerekmektedir. -840 katında karşılaşılması olası kuru sıcaklık değerinin, sınır değerinin üzerinde olmasından dolayı havalandırma havası çalışma yerlerini yeterince soğutamayacak ve bu nedenle de hava soğutma tesislerinin kurulması zorunluluğu gündeme gelebilecektir.

#### KAYNAKLAR

- Ayvazoğlu E., Er M. (1989): "TTK Kozlu Taşkömürü İşletme Müessesesi Ocaklarında İklim Şartlarının İncelenmesi", Türkiye Madencilik ve Teknik 11.Kongresi, Ankara, s.57-73.
- Güyağüler T. (1988): "Yeraltı Kömür Ocaklarında Yüksek Sıcaklık ve Rutubet Sorunu", Türkiye 6. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, Zonguldak, s.133-141.
- Güyağüler T., Önder Ü.Y. (1990): "OAL Kömür Ocaklarında Ocak Havasının Psikrometrik Özelliklerinde Görülen Değişimin İncelenmesi", Türkiye 7.Kömür Bildiriler Kitabı, Zonguldak, s.189-205.
- Hemp R. (1982): "Sources of Heat in Mines. Environmental Engineering in South African Mines", p.569-612.
- Mc Pherson M.J. (1984): "Mine Ventilation Planning in the 1980s", International Journal of Mining Engineering, p.185-227.
- Mc Pherson M.J. (1986): "The Analysis and Simulation of Heat Flow into Underground Airways", International Journal of Mining and Geological Engineering, p.165-196.
- Mc Pherson M.J. (1993): "Subsurface Ventilation and Environmental Engineering", Chapman&Hall, p. 905
- MVS (1997): "CLIMSIM™ for Windows Version 1.0, Users Manual and General Theory", Mine Ventilation Services Inc., p. 22
- Önder Ü.Y., Güyağüler T. (1995): "TTK Karadon Bölgesi Yeraltı Ocaklarında Jeotermal Gradyantın Belirlenmesi", Türkiye 14. Madencilik Kongresi Bildiriler Kitabı, s.131-135.
- Papila O., Didari V. (1996): "Investigation of Climatic Conditions in Karadon District of Turkish Hardcoal Enterprises (TTK)", The First International Symposium on Mine Environmental Engineering", 29-31 July, Kütahya, pp.81-89.
- Pickering A.J., Tuck M.A. (1997): "Heat: Sources, Evaluation, Determination of Heat Stress and Heat Stress Treatment", Mining Technology, June, p.147-156.
- Von Glehn F.H., Wernick B.J., Chorosz G., Bluhm S.J. (1987): "ENVIRON: A Computer Program for the Simulation of Cooling and Ventilation Systems on South African Gold Mines", APCOM 87, Proceedings of the Twentieth International Symposium on the Application of Computers and Mathematics in the Mineral Industries, V.1, Mining, Johannesburg, SAIMM, p.319-330.